

**Metodología para la
evaluación económica de
un proyecto de Agricultura
de Precisión**

Junio de 2003

**Ariel Baños
Tomás Goenaga**

Metodología para la evaluación económica de un proyecto de Agricultura de Precisión

El Instituto Universitario IDEA* continúa la labor desarrollada desde 1968 por la Escuela de Negocios de IDEA.

Su Departamento de Investigación tiene como misión la generación de conocimiento sobre las organizaciones económicas y sociales, mediante la realización de investigaciones que describan y/o expliquen distintos aspectos de la realidad.

Dirección de Investigación

Director

Dr. Rodrigo Bunge

Moreno 1850 5°

(C1094ABB) Buenos Aires

Tel.: 5861-4364

Fax: 5861-4397

Mail: rbunge@ideamail.com.ar

Ariel Baños

Licenciado en Economía, Universidad Nacional de Rosario (2000). Master en Administración de Empresas, IDEA (2002). Actualmente tiene como ocupación principal la administración comercial en una empresa del sector automotriz.

ariel_banos@yahoo.com

Tomás Goenaga

Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Rosario (1990). Master en Administración de Empresas, IDEA (2002). Actualmente tiene como ocupación principal la dirección de proyectos en una empresa de servicios públicos.

tomasgoenaga@hotmail.com

Registro de la Propiedad Intelectual No. 278734

* El Instituto Universitario IDEA ha obtenido la autorización provisoria por Decreto N°1353/02 conforme a lo establecido por el artículo 62 de la Ley de Educación Superior N°24.521.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento al Director de Investigaciones de la Escuela de Negocios de IDEA, Rodrigo Bunge, quien además de su guía académica, brindó su apoyo permanente a la presente investigación, a nuestro revisor académico: Rodolfo Bongiovanni (INTA Manfredi) quién además nos brindó un importante material para la investigación, a María Lila Salemi, Francisco Mingorance, Arturo Tuells y demás miembros del CEI (Centro de Egresados IDEA Litoral), quienes aportaron sus conocimientos y valiosos comentarios. Por último queremos agradecer a Natalia y Laly, nuestras novias, quienes nos alentaron permanentemente en este proyecto.

Cualquier error u omisión remanente es de exclusiva responsabilidad de los autores.

Resumen ejecutivo

El estudio se orienta a proveer una metodología para la evaluación económica de la inversión en un proyecto de Agricultura de Precisión (AP) en la República Argentina. Se utiliza un procedimiento de gestión de proyectos para recopilar la información preliminar relevante, y se aplica un enfoque de flujo de fondos descontado para demostrar las condiciones de factibilidad económica, utilizando prácticas de amplia aceptación en el mercado.

Como corolario, con el fin principal de ilustrar la metodología desarrollada, se evalúa un caso práctico utilizando datos aproximados. El caso contempla dos variantes: una única empresa que realiza la inversión y opera el sistema de AP, y alternativamente el caso en que la inversión y operación del sistema está dividida entre la empresa que explota el campo, y uno o más contratistas que ejecutan las distintas labores. Dadas ciertas variables, tales como la inversión y la superficie de explotación, la metodología permite calcular cuál es la contribución marginal incremental mínima necesaria para justificar económicamente el sistema de AP. Dada la contribución marginal incremental de la explotación, permite estimar los valores máximos y mínimos que podría tener la tarifa de un contratista de servicios de AP.

Los resultados evidencian la existencia de economías de escala para la inversión en AP, al menos dentro de un cierto rango de superficie. Este hecho debería favorecer el surgimiento de una oferta de servicios de AP por parte de los contratistas de labores agrícolas.

Indice de contenidos	Pág.
1. Introducción	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
2. Breve introducción a la operación de un sistema de AP	2
2.1. Definición de AP	2
2.2. Descripción básica de equipos y procesos de AP	3
3. Revisión de la literatura.....	5
4. Marco conceptual y métodos.....	7
4.1 Metodología general de análisis de proyectos de inversión.....	7
4.1.1 Estimación de los flujos de fondos.....	8
4.1.2 Selección del horizonte de evaluación	9
4.1.3 Valuación del proyecto.....	9
4.1.4 Análisis del riesgo	10
4.2 Modelos de análisis económico de AP.....	11
5. Metodología práctica de análisis de proyectos de inversión en AP	12
5.1 Estimación de los flujos de fondos.....	12
5.1.1 Estimación de flujos de activos fijos.....	12
5.1.2 Estimación de la contribución marginal.....	14
5.1.3 Estimación de flujos de capital de trabajo.....	15
5.1.4 Impuestos	16
5.2 Selección del horizonte de evaluación	17
5.3 Valuación del proyecto.....	17
5.3.1 Costo de capital	17
5.3.2 Presupuesto de capital	19
5.4 Análisis de riesgo	19
6. Ejemplo	19
6.1. Introducción	19
6.2. Estudio del caso.....	20
6.3. Resultados	23
7. Conclusiones	26
8. Bibliografía.....	28
Anexo 1	31
Anexo 2	33
Anexo 3	34
Anexo 4	37
Anexo 5	39

Indice de tablas y figuras

Figura 2.2: Ciclo de operaciones de la Agricultura de Precisión.....	3
Figura 4.1: Etapas de un proyecto.....	7
Tabla 5.1: Planilla base de cálculo de contribución marginal agrícola.....	15
Figura 6.3.1: Contribución marginal incremental vs. Superficie de explotación.....	24

1. Introducción

Dada la estructura de los mercados de productos agrícolas primarios, que se aproxima en gran medida a la competencia perfecta¹, los productores tienen muy escaso poder para elevar los precios que perciben. En este contexto, la única alternativa para incrementar la rentabilidad de su explotación es reducir los costos unitarios de producción. Con esta finalidad, un creciente número de productores, principalmente en EEUU, está incorporando Agricultura de Precisión (AP) en sus explotaciones. El objetivo principal de la AP es contribuir a reducir los costos unitarios de producción comparativamente con la Agricultura Tradicional (AT)². Este objetivo es alcanzado principalmente incrementando los rendimientos de la producción agrícola, y en algunos casos reduciendo los costos totales de los insumos empleados.

En general, las prescripciones de utilización de insumos en la AT se basan en las características promedio del total de la explotación. Esta práctica puede no resultar económicamente conveniente si existe una significativa variabilidad espacial en las características de la explotación. La agricultura sitio específica ha sido la alternativa estudiada para estos casos. Si bien este tipo de prácticas agrícolas se basa en ideas de larga data, su utilización a gran escala recién fue posible a partir de la década del '90, con la aparición de nuevas tecnologías. Estas tecnologías, entre las que se encuentran diversas herramientas informáticas y sistemas de posicionamiento global, posibilitaron la automatización de las prácticas agrícolas sitio específicas, dando lugar al surgimiento de la AP.

El equipamiento necesario para implementar AP representa un mercado potencial estimado³ de 75 millones de dólares anuales para la Argentina. En la actualidad el porcentaje de adopción de AP en la Argentina es muy bajo. Según datos de Bragachini (2001), la cobertura de los equipos de AP instalados en cosechadoras alcanza al 4% de la cosecha total. La implementación adecuada, a gran escala, de este tipo de tecnologías permitiría mantener y reforzar la posición de Argentina como productor de bajos costos de cereales y oleaginosas, en el contexto internacional.

La inversión en equipamiento para implementar AP representa una decisión de gran incertidumbre para el productor agrícola. Se trata de equipamiento de costo considerable, procedente principalmente del exterior, basado en tecnología de reciente desarrollo, que adicionalmente implica un cambio importante en los procesos operativos de la explotación agrícola. En este contexto resulta fundamental realizar una detenida evaluación económica de la inversión a realizar, utilizando una metodología adecuada.

En la primera sección se establecen los objetivos generales y específicos del trabajo. A continuación, en la segunda sección, se realiza una breve introducción a las características de un sistema de AP. En la tercera sección se efectúa una revisión de la literatura disponible, haciendo hincapié en la literatura de análisis económico de AP para la Argentina. En la cuarta sección se presenta el marco teórico del trabajo. A continuación, en la quinta sección, se desarrolla detalladamente la metodología específica para análisis de proyectos de inversión en AP. En la sexta sección se ilustra la aplicación práctica de la metodología mediante un

¹ Estructura de mercado, de existencia teórica en su formato puro, integrada por gran cantidad de oferentes y demandantes, que cuentan con información perfecta y realizan transacciones de un producto homogéneo. Estas características hacen que el precio de mercado esté fuera del control de los participantes, que adoptan una conducta precio-aceptante.

² Existen objetivos adicionales, cuya cuantificación económica es aún difusa, principalmente en la Argentina, tales como la preservación del medio ambiente, la trazabilidad de la producción, y las prácticas agrícolas sustentables, entre otros.

³ Estimación realizada por los autores multiplicando el costo de un kit promedio de AP (aprox. u\$s 13.000.-) por la venta anual estimada de cosechadoras, sembradoras y pulverizadoras en la Argentina en el año 2003 (1.400 unids., 3.900 unids. y 450 unids., respectivamente). Se asume que toda la maquinaria agrícola nueva vendida en el año se equipa con el kit promedio de AP. No se considera las ventas de kits de AP para maquinarias en uso.

ejemplo. En la séptima sección, como corolario, se detallan las principales conclusiones del trabajo.

1.1 Objetivo general

El presente estudio se orienta a proveer una metodología de evaluación económica de la inversión en AP, adoptando un enfoque integral. Esta metodología especifica la secuencia de actividades para recopilar la información preliminar relevante, siguiendo un procedimiento de gestión de proyectos, y realiza la evaluación económica en base a un enfoque de flujo de fondos descontados. Este tipo de enfoque constituye una práctica de utilización habitual en diversas ramas de la actividad económica, para analizar la incorporación de activos fijos. Entre las principales ventajas del mismo pueden mencionarse la consideración de:

- Valor tiempo del dinero
- Distinción entre flujos de fondos (financieros) y flujos contables
- Costo del capital
- Análisis de riesgo

La implementación de esta metodología permitiría determinar la conveniencia de la adopción de este tipo de tecnologías, y reducir las barreras al financiamiento de esta clase de proyectos, al demostrar las condiciones de factibilidad económica al productor agrícola y a las entidades proveedoras de fondos (bancos, organismos estatales, inversores privados, etc.).

1.2 Objetivos específicos

- ❖ Proveer una metodología integral de evaluación económica de un proyecto de inversión en AP.
- ❖ Aplicar la metodología a un caso práctico, utilizando datos aproximados.
- ❖ Contribuir al desarrollo de una base de investigación en materia de análisis económico de la AP en la Argentina, dadas las características sitio específicas de este tipo de análisis.

2. Breve introducción a la operación de un sistema de AP

2.1. Definición de AP

La AP puede definirse como la aplicación de un conjunto de técnicas, apoyadas por equipamiento de alta tecnología, para el manejo de la producción agrícola en forma sitio-específica. Esto significa adaptar la técnica de cultivo a las condiciones particulares que se presentan en cada uno de los sectores del campo. El manejo sitio específico se basa en el supuesto de que los distintos sectores del campo responden de manera diferente a una misma técnica de cultivo aplicada de manera uniforme en toda la extensión del terreno. En tal caso sería posible aumentar la productividad de la explotación agrícola dividiéndola en sub-zonas, y ajustando la técnica de cultivo y las dosis de insumos a las características particulares de cada sub-zona. Un ejemplo sería ajustar la dosis de fertilizante aplicando la cantidad necesaria en cada sector del campo, de manera de obtener un mayor rendimiento del cultivo.

En la práctica utilizar AP significa obtener, mediante equipos adecuados, los datos relevantes del proceso productivo en cada sector del campo (fertilidad del suelo, rendimiento del cultivo, etc.), y ubicarlos espacialmente (conocer mediante algún sistema de coordenadas a qué lugar específico corresponden estos datos). Esta información se almacena en bases de datos y permite definir las sub-zonas que estarán sujetas a manejo sitio específico. Existen dos enfoques principales para realizar el tratamiento de estas sub-zonas y determinar las dosis óptimas de insumos: el criterio agronómico y el criterio económico. A continuación se detallan las principales características de ambos enfoques.

Tabla 2.1: Criterios para determinar la dosis óptima de insumos

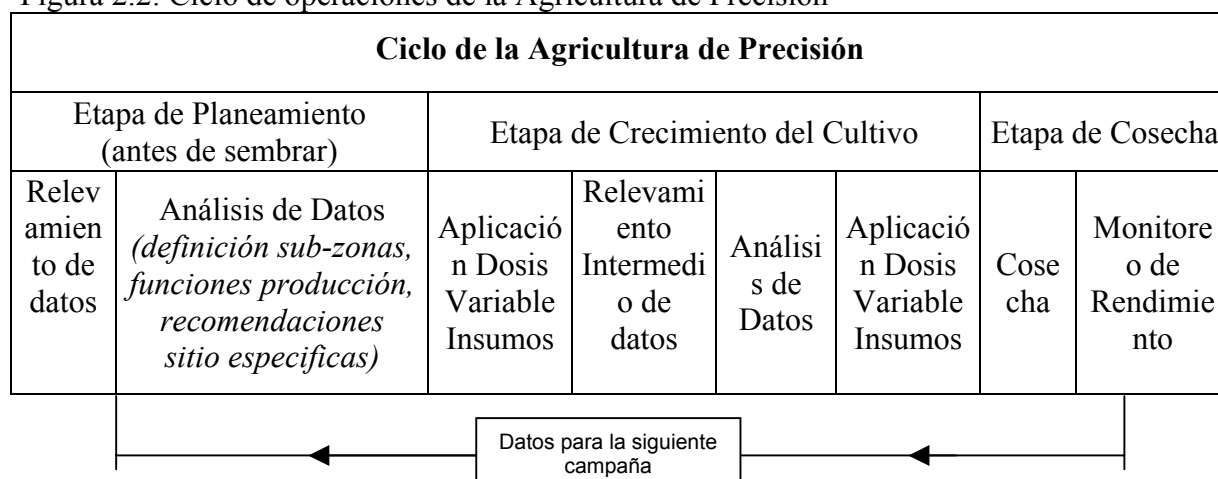
Criterio	Objetivo Principal	Metodología	Acciones para aplicar AP
Agronómico	Mantener el balance de nutrientes del suelo dado un rendimiento objetivo	Aplicación de conocimientos agronómicos	Muestreo intensivo de suelos por cuadrículas
Económico	Maximizar los beneficios económicos	Optimización de una función objetivo de beneficios	Ensayos a campo, para construir funciones de producción por sub-zona

El presente estudio se concentrará en la aplicación del criterio económico para la determinación de las dosis óptimas de insumos. Siguiendo este enfoque, las funciones de producción, construidas a partir de los ensayos a campo, conjuntamente con la información acerca de precios de productos e insumos, permitirá definir la función objetivo de beneficios. La optimización de esta función objetivo permitirá definir las dosis óptimas económicas de insumos para cada una de las sub-zonas de la explotación. Definidas las dosis óptimas económicas, la aplicación de semillas, herbicidas, fertilizantes y demás insumos, se realizará en forma variable, mediante equipos especiales, en función de las sub-zonas predefinidas.

2.2. Descripción básica de equipos y procesos de AP

A los efectos del presente trabajo es necesaria una breve descripción básica de los equipos y procesos de AP. El siguiente gráfico ilustra el ciclo de operaciones de AP a lo largo de una campaña agrícola:

Figura 2.2: Ciclo de operaciones de la Agricultura de Precisión



Fuente: Adaptado de “The Precision Farming Guide for Agriculturist”. Deere & Company, 1997.

Para relevar los datos necesarios se debe conocer tanto los valores específicos (ej. rendimiento de la cosecha por hectárea), como la ubicación de los mismos (ej. coordenadas del sitio al cual corresponde ese rendimiento). Para conocer la ubicación espacial de los datos

relevados se emplea normalmente *GPS* o *Sistema de Posicionamiento Global*, el cual brinda latitud, longitud y altura de un sitio en cualquier parte del mundo. Los datos se obtienen mediante un pequeño receptor que recibe información de un sistema de satélites que orbitan alrededor de la Tierra.

Resuelto el problema de ubicar espacialmente los datos, se necesitan equipos que permitan medir y registrar las distintas variables del suelo y del proceso de cultivo.

El rendimiento del cultivo es la primera y más importante variable a medir para obtener datos sitio específicos (Bongiovanni, 2002), para lo cual se emplea un monitor de rendimiento. Este equipo se monta sobre la cosechadora, permitiendo evaluar el resultado de una determinada técnica de cultivo, a través del producto final: la cantidad de grano cosechado por unidad de superficie, en cada una de las sub-zonas que constituyen la explotación. Los datos necesarios⁴ son relevados mediante sensores montados en la cosechadora, los cuales reportan a un monitor conectado al DGPS⁵. El monitor es esencialmente una pequeña computadora que procesa y registra la información de rendimiento, almacenándola en su memoria. Luego, mediante una tarjeta de memoria se transfiere la información a una computadora de escritorio. El resultado es un mapa con distintos colores o tonos que muestra rangos de rendimiento dentro de un lote, y una base de datos que permite analizar los mismos.

La recopilación de datos también tiene lugar durante las tareas de siembra, fertilización, aplicación de herbicidas y demás etapas del cultivo. En caso de usar insumos en dosis constantes para todo el campo, las cantidades aplicadas ya se conocen y sólo es necesario almacenar la información. Si se usan dosis variables deben emplearse equipos de aplicación variable de insumos (*VRA: Variable Rate Application*) que regulan la cantidad de producto aplicada, ajustándola a la prescripción deseada. Estos equipos guardan los valores aplicados en cada sector del campo, permitiendo luego transferir la información a la base de datos.

Otra fuente de datos son los muestreos intensivos de suelo, que mediante un análisis permiten evaluar las características físico - químicas (nivel de nutrientes, pH, etc.) de cada sector del lote. Las muestras se pueden extraer de grillas rectangulares delimitadas en el terreno y ubicadas mediante *DGPS* (usualmente cuadrículas de una hectárea) o de sectores del lote con características homogéneas, generalmente series de suelo, también ubicándolas mediante *DGPS* (Deere & Company, 1997). Esta información de suelos se utiliza para obtener la dosis óptima para cada sector, siguiendo el criterio agronómico (método del balance) en lugar de usar las funciones de producción (criterio económico).

Finalmente, se encuentran los sistemas de sensores remotos, que mediante el análisis de imágenes de la radiación emitida por el suelo y el cultivo, permiten establecer el estado de los mismos. Estos sistemas pueden estar en un satélite, un avión o hasta en un vehículo terrestre que recorra el campo. Ejemplos en Argentina de estas técnicas son las imágenes satelitales y las fotos aéreas (Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer, 2001).

La información sitio – específica obtenida debe ser almacenada a lo largo de las sucesivas campañas para su análisis. Es necesario manejar una gran cantidad de datos georreferenciados⁶, lo que hace aconsejable utilizar los llamados *Sistemas de Información*

⁴ Se debe medir el flujo de grano por unidad de tiempo, la humedad del grano por unidad de tiempo, la velocidad de avance de la cosechadora, el ancho de corte, la posición del cabezal y la ubicación espacial.

⁵ El propietario del sistema (EE.UU) introduce una distorsión aleatoria en la señal que impide usar el sistema con fines militares. Dicha distorsión es constante para un momento y una zona dados, siendo posible corregirla a través de una señal de radio que informa a los equipos GPS que están trabajando en la zona el valor del error. A esta capacidad se la denomina DGPS o GPS Diferencial. En la Argentina esta señal es suministrada comercialmente por distintos proveedores.

⁶ Ubicados sobre la superficie de la tierra.

Geográfica (GIS). Un *GIS* es un sistema de gestión de bases de datos que permite almacenar, graficar, integrar y analizar información referenciada geográficamente. El *GIS* integra distintos tipos de información tales como datos de cosecha, fotos aéreas, mapas, imágenes de satélite, muestras de suelo, etc., mostrando el resultado mediante mapas.

Un *GIS* está integrado por cinco componentes claves: una computadora o red de computadoras, el software de gestión de bases de datos geográficos, los datos que contienen información georreferenciada, los usuarios, y los procedimientos para la entrada, gestión, mantenimiento y análisis de los datos.

Con la información obtenida se deben definir las sub-zonas sujetas a tratamiento sitio específico. En el criterio económico deben determinarse las funciones de producción de cada sub-zona mediante ensayos previos a campo (Bongiovanni, 2002). El análisis de las funciones de producción, conjuntamente con la información acerca de precios de productos, insumos, costos de implementación y equipamiento de AP, permitirá definir las dosis óptimas económicas de insumos para cada una de las sub-zonas.

Definidas las dosis óptimas económicas, la aplicación de semillas, herbicidas, fertilizantes y demás insumos se debe realizar en forma variable en función de las sub-zonas predefinidas. Para ello se debe contar con equipos que permitan el manejo sitio – específico mediante la aplicación de dosis variable (*VRA*). Existen básicamente dos grupos de equipos: los basados en mapas de prescripción y los basados en sensores de tiempo real (Deere & Company, 1997). Ambos tipos de equipos están constituidos por controladores, sensores y actuadores que reportan a un monitor conectado a un *DGPS*.

Los equipos basados en mapas de prescripción dosifican la aplicación de insumos por zonas, de acuerdo a lo previamente definido en gabinete por el usuario⁷. Los mapas se desarrollan mediante un software y se cargan en el equipo mediante una tarjeta de memoria. Por otro lado, los equipos de sensores en tiempo real aplican el insumo al mismo tiempo que analizan los parámetros del cultivo y determinan la cantidad de insumo a dosificar⁸. Un ejemplo es el *N Sensor*, que mediante sensores ópticos analiza la intensidad del color verde (sinónimo del estado nutricional del cultivo), regulando automáticamente en tiempo real la dosis de fertilizante nitrogenado a aplicar por la pulverizadora (Bragachini, von Martini, Méndez, Monchamp, 2000).

3. Revisión de la literatura

Si bien la agricultura sitio específica es una idea de larga data, su utilización a gran escala recién fue posible a partir de la década del '90, con la aparición de nuevas tecnologías. Estas tecnologías posibilitaron la automatización de las prácticas agrícolas sitio específicas, dando lugar al surgimiento de la AP. Sin embargo, la adopción de la AP por parte de los productores agrícolas ha demostrado ser un proceso lento en todo el mundo. Esta lentitud ha generado numerosos cuestionamientos acerca de la verdadera rentabilidad de la AP para las explotaciones agrícolas.

Lambert y Lowenberg-DeBoer (2000) realizaron una revisión general de la literatura disponible en materia de análisis de rentabilidad de AP. Los estudios comprendidos, mayoritariamente análisis de casos en Estados Unidos, reportaron resultados positivos para la utilización de AP en un 63% de los casos, negativos en un 11%, y mixtos en un 26%. No obstante lo alentador de los resultados, las características sitio específicas de la rentabilidad de la AP, no permiten la extrapolación de los mismos a otras regiones. Esta situación requiere

⁷ Dado que para ello se analiza toda la información previamente relevada, este tipo de equipos es útil cuando las variables relevantes del cultivo permanecen constantes durante cierto tiempo (Deere & Company, 1997).

⁸ Esto los hace especialmente indicados cuando alguna variable relevante cambia rápidamente y la información histórica es insuficiente (Deere & Company, 1997).

que se realicen estudios de factibilidad económica en cada región para determinar la conveniencia de la implementación local de la AP.

En el caso de la Argentina, desde el año 1996 existe un programa de investigación y difusión, llevado a cabo por el INTA (con sede en la Estación Experimental Manfredi, Córdoba). Los principales antecedentes sobre AP para la Argentina pueden consultarse en la base de datos del proyecto Agricultura de Precisión del INTA⁹, la más completa en materia de AP en Argentina. En la misma existen a la fecha una serie de trabajos vinculados al análisis económico para casos de Argentina.

En primer lugar, puede citarse el trabajo de Bragachini, von Martini, Méndez y Monchamp (2001), basado en un ensayo de campo realizado en Pilar (Córdoba). Las dosis óptimas de insumos para las zonas predefinidas de manejo sitio específico, se determinan de acuerdo a la experiencia agronómica de los autores, sobre la base del método del balance de nutrientes. Aplica un análisis simplificado de presupuestos parciales, que se limita a comparar la rentabilidad de usar dosis uniforme versus la rentabilidad de usar dosis variable. No se consideran: costos de implementación y equipamiento de AP, criterio financiero de flujos de fondos, ni valor tiempo del dinero. El segundo trabajo, de O'Donnell y von Martini (2002) se basa en un ensayo de campo realizado en la región de Río Cuarto (Córdoba). Las dosis óptimas de insumos para las zonas predefinidas de manejo sitio específico se calculan a través de un software especializado de desarrollo local (N-P Zea, UNRC y Grupo de Productores Río Cuarto Norte). Este software considera diversos parámetros (información de suelos, precipitaciones, rendimiento esperado, precios de insumos y productos, y rentabilidad exigida) para determinar las dosis óptimas de insumos. Incorporando estos resultados se realiza un análisis simple de presupuestos parciales, sin considerar los mismos aspectos que Bragachini et al. (2001), excepto los costos de análisis de suelos en la implementación de AP. El tercer trabajo, de Proietti y Bocco (2002), es un análisis de caso simplificado acerca de la conveniencia económica-financiera de adoptar AP. La información agronómica es tomada del ensayo de campo realizado en Bragachini et al. (2001). El trabajo incorpora algunas herramientas de análisis económico de proyectos de inversión.

Por último, se destaca una serie de quince trabajos realizados a partir de la tesis doctoral de Bongiovanni (2002), que aplica métodos avanzados de econometría espacial para determinar la tarifa de equilibrio para la aplicación de fertilizante con dosis variable, en ensayos realizados en tres establecimientos durante tres años en la región de Río Cuarto (Cba.). Este trabajo se basa en el supuesto de subcontratación de los equipos y el servicio de AP. Estos ensayos también generaron una serie de publicaciones económicas relacionadas¹⁰.

⁹ www.agriculturadeprecision.org

¹⁰ Lambert, Lowenberg-DeBoer y Bongiovanni (2002) describen cinco métodos estadísticos y económicos alternativos para analizar los datos de AP, usando como estudio de caso los estudios de VRA-N en Argentina. Anselin, Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2002) describen la metodología de econometría espacial para el análisis económico de la dosis variable de N en maíz en Argentina. Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2002) muestran cómo se puede usar la AP para aportar a la sustentabilidad de la agricultura en Argentina. Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2002) analizan realizan un análisis tipo FODA sobre el potencial de adopción de la AP en Argentina. Bongiovanni (2002) explica la aplicación de la econometría espacial como una herramienta clave para el manejo sitio-específico de insumos. Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2002) estudian la estabilidad de la función de respuesta económica en el tiempo, usando los ensayos conducidos entre 1998 y 2001 en la zona de Río Cuarto. Lambert, Lowenberg-DeBoer y Bongiovanni (2002) comparan métodos de regresión espacial versus métodos geoestadísticos para obtener dosis óptimas económicas en ensayos a campo. Bongiovanni presentó en el 4to. Curso de Agricultura de Precisión (2002), un método para establecer el valor de la AP, como así también los resultados de los ensayos a campo. Bongiovanni y Lowenberg-DeBoer (2001) demuestran la ventaja económica de usar un método de regresión espacial son respecto a un método de regresión convencional. Swinton, Bongiovanni, Lowenberg-DeBoer y Bullock (2001) crearon un curso de capacitación sobre metodologías para asignarle un valor económico a los datos de AP, basado sobre el uso del software de regresión espacial SpaceStat.

No obstante los antecedentes mencionados, se considera conveniente profundizar en el desarrollo de análisis integrales acerca de la factibilidad económica de la utilización de AP en la Argentina, sentido en el cual se orienta el presente trabajo.

4. Marco conceptual y métodos

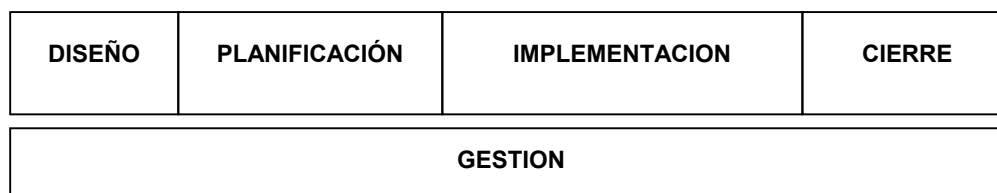
4.1 Metodología general de análisis de proyectos de inversión

La metodología de análisis de un proyecto de inversión presenta características generales aplicables a cualquier rama de la actividad económica. Sin embargo, dentro del modelo general, cada sector posee particularidades, que deben ser consideradas por aquellos a cargo de la evaluación del proyecto. Primeramente se describirán los aspectos generales que deben contemplarse en la evaluación de un proyecto de inversión, y a continuación se introducirán aspectos particulares a considerar en el análisis aplicado al sector agrícola, más específicamente a la rama conocida como AP.

En términos generales, los proyectos implican decisiones de inversión en activos fijos (maquinarias, equipamiento, rodados, inmuebles, tierras, etc.), con el objetivo de crear valor para una empresa. Para estimar los flujos de fondos correspondientes a la inversión en los activos fijos necesarios en un sistema de AP, se debe calcular inicialmente un presupuesto del diseño, compra, montaje y puesta en servicio de todo el sistema. Identificar y evaluar todas las tareas a incluir en este presupuesto para un caso en particular, presenta un cierto grado de complejidad. El empleo de alguna de las metodologías comúnmente utilizadas para la gestión de proyectos puede contribuir a establecer de manera más clara todas las tareas que deben ejecutarse para montar un sistema de AP.

Un proyecto, definido desde el punto de vista del coordinador de los trabajos necesarios, es un conjunto de tareas singulares (distintas del trabajo diario) de duración acotada, con fechas de comienzo y fin, y un objetivo concreto a alcanzar. Dichas tareas deben ser acometidas coordinadamente, ya que están interrelacionadas entre sí. Un esquema muy simple y general aplicado a la gestión de un proyecto de AP puede observarse en la siguiente figura:

Figura 4.1: Etapas de un proyecto



Fuente: Adaptado de “Project Management”, Gray y Larson, 2000.

- **Diseño:** Preparar un anteproyecto del sistema de AP. En base al mismo definir las tareas a desarrollar (diseño definitivo, compra, montaje y puesta en servicio del sistema de AP).
- **Planificación:** Estimar los recursos necesarios para ejecutar estas tareas (equipos y servicios de AP a comprar, personal, etc.), el presupuesto asociado, y el correspondiente plan de trabajos. Realizar la evaluación económica del proyecto, y decidir si se lleva a cabo el proyecto.
- **Implementación:** Ejecutar y controlar cada una de las tareas previstas anteriormente (diseño definitivo, compra, montaje y puesta en servicio del sistema de AP), tomando las acciones de corrección o adaptación correspondientes (calidad de las tareas y cumplimiento de los objetivos, presupuesto, plazos).

- **Cierre:** Comenzar a utilizar el sistema de AP como parte de la operación normal de la explotación agrícola.

Desde el punto de vista del presente trabajo resulta útil el desarrollo de las primeras etapas: Diseño y Planificación, en las cuales se estiman y programan en el tiempo los recursos necesarios para la ejecución de las restantes etapas (Implementación y Cierre), obteniéndose los flujos de fondos correspondientes a la inversión en activos fijos. En la etapa de Planificación, luego de haber evaluado el proyecto de inversión según la metodología desarrollada en el presente trabajo, se debe tomar la decisión de seguir adelante con la inversión o desecharla. Dada la complejidad y la gran variedad de alternativas que presentan las técnicas y equipos disponibles para AP, el responsable de la explotación deberá actuar como coordinador del proyecto, recurriendo al apoyo de especialistas en distintas disciplinas relacionadas al proyecto.

Desde el punto de vista de la evaluación económica, el análisis del proyecto de inversión puede dividirse en cuatro etapas básicas:

1. Estimación de los flujos de fondos
2. Selección del horizonte de evaluación
3. Valuación del proyecto
4. Análisis del riesgo

4.1.1 Estimación de los flujos de fondos

El valor creado por un proyecto de inversión es determinado por la generación de flujos de fondos netos después de impuestos (también conocidos como *Free Cash Flows* o *FCF*). Los flujos de fondos considerados deben ser únicamente aquellos que presentan variaciones comparando la situación con, y sin el proyecto. Se ignoran en el análisis todos aquellos flujos de fondos que no sufren alteración por la puesta en marcha del proyecto. Esta metodología se denomina de Presupuestos Parciales.

Los *FCF* se componen de la siguiente manera:

Contribución Marginal Incremental
<i>menos:</i>
Inversiones en Activos Fijos
Inversiones en Capital de Trabajo, compuesto por:
(+) Caja, Bancos e Inversiones Transitorias
(+) Créditos por Ventas
(+) Bienes de Cambio
(-) Deudas Comerciales, Fiscales y Sociales
<hr/>
Cash Flow Operativo
<i>menos:</i>

Los *FCF* no incorporan flujos de fondos relacionados con el financiamiento del proyecto (ej. intereses, dividendos, etc.), sino únicamente aquellos flujos vinculados a la decisión de inversión. El efecto del financiamiento seleccionado para el proyecto será incorporado en la tasa de costo de capital de la empresa¹².

Es importante destacar que deben utilizarse valores esperados de los flujos de fondos. El valor esperado se obtiene a partir de la sumatoria de cada uno de los posibles valores de un flujo de fondos, multiplicado por su respectiva probabilidad de ocurrencia.

4.1.2 Selección del horizonte de evaluación

La selección del horizonte de evaluación dependerá de la vida útil del proyecto de inversión, es decir el período durante el cual se generan los flujos de fondos atribuibles a la inversión. En caso que la duración del proyecto sea inferior a la vida económica de los activos, deberá especificarse el valor residual (*VR*) de los mismos, indicando su valor de liquidación. Alternativamente puede calcularse el *VR* de los activos utilizando el criterio de “empresa en marcha”. Según este último criterio, se proyectan los flujos de fondos utilizando, en la gran mayoría de los casos, la fórmula financiera de una perpetuidad (con o sin crecimiento). Esta fórmula es aplicable una vez que los flujos de fondos alcanzan un patrón de comportamiento definido en el tiempo, lo cual permite su proyección:

$$VR = \frac{FCF}{k} \quad \text{Perpetuidad sin crecimiento}$$

$$VR = \frac{FCF}{(k - g)} \quad \text{Perpetuidad con crecimiento (tasa de crecimiento: } g)$$

k : Tasa de costo de oportunidad del capital de la empresa

4.1.3 Valuación del proyecto

La tasa de costo de oportunidad del capital de la empresa (*k*) es la tasa de descuento utilizada para actualizar los flujos de fondos generados por el proyecto durante su vida útil. Esta tasa indica el rendimiento que la empresa puede esperar para inversiones alternativas de riesgo similar. Esta tasa no es aconsejable para evaluar proyectos con riesgo diferente al riesgo promedio de la firma. En estos casos deben calcularse tasas de costo de oportunidad propias para cada proyecto.

La tasa de costo de oportunidad del capital de la empresa (*k*) utilizada para descontar los *FCF* incorpora el efecto del financiamiento seleccionado para el proyecto. Esta tasa toma el nombre de costo promedio ponderado del capital después de impuestos (*WACC_{at}*). Esta tasa se verá reducida por el escudo fiscal que genera el pago de intereses sobre la deuda (*D*) contraída para financiar el proyecto.

$$WACC_{at} = \frac{D}{(D + E)} r_d (1 - t) + \frac{E}{(D + E)} r_e$$

D : Deuda

r_d : Tasa de Costo de la Deuda

E : Patrimonio Neto (Capital Propio)

¹¹ Impuestos hipotéticos para una empresa sin deuda, dado que los *FCF* no consideran los flujos de fondos vinculados al financiamiento del proyecto de inversión.

¹² Se reducirá en función de los intereses derivados de la deuda contraída por la empresa para financiar el proyecto.

r_e : Tasa de Costo del Patrimonio Neto

$D + E$: Capital

t : Alícuota Impuesto a las Ganancias

La suma de los FCF , descontados a una tasa que refleje adecuadamente el costo de capital de la empresa (k), para el período seleccionado, se conoce como VAN (*Valor Actual Neto*).

$$VAN = \sum_t^n \frac{FCF_t}{(1+k)^t}$$

Alternativamente el valor creado por el proyecto, puede expresarse como una tasa de rentabilidad, de interpretación más intuitiva en el ambiente de los negocios. Esta tasa se denomina TIR (*Tasa Interna de Retorno*), y expresa la tasa de descuento que hace cero el valor actual de los FCF proyectados (VAN). Siempre que la tasa TIR sea superior al costo de capital de la empresa (k), el proyecto de inversión debe ser aceptado.

$$0 = \sum_t^n \frac{FCF_t}{(1+TIR)^t}$$

Ambos criterios son valiosas guías para determinar la creación del valor del proyecto, y generalmente arrojan resultados equivalentes (el VAN en valores monetarios, y la TIR como tasa de rentabilidad). Sin embargo, el criterio de valuación VAN presenta algunas características que lo hacen más recomendable que la TIR , particularmente en aquellos casos donde ambas medidas arrojan resultados opuestos. La principal ventaja del criterio VAN es el supuesto de reinversión de los flujos de fondos a la tasa de costo de capital de la empresa (k), mientras que el criterio TIR impone el supuesto más restrictivo de reinversión a la misma tasa TIR .

4.1.4 Análisis del riesgo

Los FCF constituyen valores esperados, dado que surgen de proyecciones realizadas con anticipación a la implementación del proyecto. Lo anterior implica que los valores utilizados no son absolutamente precisos, sino que existe una probabilidad de ocurrencia asociada a cada flujo. La situación anterior puede caracterizarse como un contexto de riesgo.

Existen diversas técnicas de análisis del riesgo, entre las cuales pueden mencionarse por su utilidad práctica:

- **Análisis de sensibilidad**

Esta técnica indica que proporción del VAN o de la TIR cambiará en respuesta a un cambio dado en una variable del análisis, manteniendo las demás constantes. Se parte de un caso base, utilizando los valores esperados de todas las variables. Luego se seleccionan diversas variables clave, y se las cambia de una a la vez (por ej. -10%, -20%, +10%, +20%), procediéndose a recalcular el VAN y la TIR . Finalmente se gráfica el VAN / TIR contra la variable que fue cambiada. Las pendientes de las líneas del gráfico indican cuán sensible es el proyecto a cada una de las variables. Si por ejemplo, el VAN cambia de signo ante cambios moderados en alguna de las variables, esto indica que el proyecto es muy riesgoso. El análisis de sensibilidad es un método muy práctico, y de bajo costo, para analizar el riesgo, que otorga una gran visibilidad acerca de las variables del proyecto que requieren un análisis y seguimiento más detenido.

- **Análisis de escenarios**

Esta técnica considera tanto la sensibilidad del *VAN* a cambios en las variables clave, como así también el rango de valores probables resultantes. Para aplicar esta técnica deben estimarse las variables clave bajo diferentes escenarios (Pesimista, Base, Optimista). Luego deben compararse los resultados bajo los escenarios “Pesimista” y “Optimista”, con el escenario “Base”. Para completar el análisis de escenarios pueden asignarse probabilidades de ocurrencia a cada uno de los casos, determinar el valor esperado del *VAN*, y su desviación estándar.

4.2 Modelos de análisis económico de AP

Los modelos de análisis económico utilizan cálculo para optimizar una función objetivo de maximización de beneficios, para una cierta práctica agronómica (ej. AP; AT). Una vez definidos los valores óptimos de las variables¹³ de la función objetivo, se aplica Presupuestos Parciales para determinar la conveniencia económica de cada práctica agronómica. Es importante aclarar que las dosis de insumos que maximizan los rendimientos (función de producción), pueden no maximizar los beneficios (función objetivo).

Los modelos se basan en funciones de producción estimadas mediante técnicas estadísticas (ej. regresión lineal, espacial, etc.), y expresadas en forma ecuacional. La estimación mediante técnicas estadísticas puede realizarse partiendo de resultados de ensayos de campo, como por ejemplo en Bongiovanni (2002), y Watson et al. (2003), o mediante modelos multiecuacionales que representan el comportamiento genérico de los cultivos, conocidos como Modelos de Crecimiento de Cultivos, desarrollados por ejemplo en Mavromatis et al. (2001), citados en Dardanelli (2002).

En el caso de AP la función objetivo de maximización de beneficios del modelo estadístico, puede expresarse como la maximización del valor esperado de la contribución marginal de esta práctica agronómica, de la siguiente forma:

$$MaxE[CMg_{AP}] = \phi_j \left[\sum_0^t \sum_i^n A_i [(p_i f_i(x_i) - r_i x_i)] \right], \text{ sujeto a } x_i \geq 0$$

E: operador de valor esperado

ϕ_j : probabilidad de ocurrencia del tipo de estación *j*

j: tipo de estación (ej. húmeda, seca)

t: período

A_i : proporción de la subzona *i*, sobre el área total

i: sub-zonas pre-definidas de manejo sitio específico

n: número de sub-zonas de manejo sitio específico

p: precio del producto

f: función de producción

r: precio del insumo

x: cantidad de insumo

¹³ En la mayoría de los casos se optimizan las dosis de insumos, aunque el procedimiento es válido igualmente para la optimización de otras variables.

En el caso de AT, la función objetivo de maximización del valor esperado de la contribución marginal puede expresarse como:

$$MaxE[CMg_{AT}] = \phi_j \left[\sum_0^t [(p_t f(x) - r_t x)] \right], \text{ sujeto a } x \geq 0$$

Ambas funciones objetivo suponen que no hay insumos residuales en el campo¹⁴.

Comparando los resultados de ambas prácticas agronómicas, se obtiene la contribución marginal incremental del proyecto: $\Delta CMg = (CMg_{AP} - CMg_{AT})$. Este valor incremental deberá ser incorporado al flujo de fondos del proyecto, conjuntamente con la inversión inicial en activos fijos, la variación en el capital de trabajo, los costos variables y los impuestos, para determinar el VAN del proyecto de AP:

$$MaxE[VAN_{AP}] = \sum_0^t [(\Delta CMg - IAP_0 - \Delta CT_t - CvAP_t - T_t)(1 + k)^{-t}]$$

IAP_0 : inversión inicial en activos fijos de AP

ΔCT : variación en el capital de trabajo

$CvAP$: costos variables de AP

T : impuestos

k : costo de capital de la empresa

5. Metodología práctica de análisis de proyectos de inversión en AP

5.1 Estimación de los flujos de fondos

Dado que los productos e insumos agrícolas son *commodities* transables internacionalmente, sumado al hecho que la tecnología de AP procede principalmente del exterior, resulta conveniente la utilización del dólar estadounidense como unidad de cuenta del análisis.

Se analizarán a continuación los diversos componentes que permiten obtener los *FCF* del proyecto.

5.1.1 Estimación de flujos de activos fijos

Los activos fijos se definen como todos aquellos bienes, tangibles o intangibles, cuya vida útil es superior a un año, y por lo tanto generan un cargo por amortizaciones en el Estado de Resultados.

Se propone a continuación un posible esquema de las etapas de Diseño y Planificación, vinculadas a la incorporación de los activos fijos del proyecto:

- **Diseño:** Consiste en preparar un anteproyecto de sistema de AP para la explotación agrícola. El anteproyecto debería incluir las siguientes cuestiones:
 - Estimar las sub-zonas sujetas a tratamiento sitio específico. Se deberán identificar las sub-zonas con diferente productividad marginal¹⁵ a las variables que pueden ser administradas mediante AP (ej. dosis de insumos, densidad de siembra, etc.), en

¹⁴ Ver Watson et al. (2003) para el tratamiento de funciones objetivo con restricciones de insumos residuales.

¹⁵ Rendimiento por unidad de insumo adicional.

función de la información disponible. Las fuentes de dicha información consisten principalmente en mapas de rendimiento de campañas anteriores, tipos de suelo obtenidos de cartas publicadas, análisis de suelo, relevamientos topográficos, fotos aéreas o satelitales y ensayos de campo.

- Estimar la función de producción correspondiente a cada sub-zona, y obtener la dosis óptima económica. Idealmente la estimación deberá realizarse a partir del análisis estadístico de ensayos de campo, empleando técnicas de regresión espacial. Debido a la dificultad que implica la estimación estadística de las funciones de producción, y los costos y tiempos implicados en el relevamiento de todas las fuentes de información (incluyendo los ensayos de campo), a menudo la estimación de la dosis óptima se realiza aplicando el criterio agronómico del balance de nutrientes, que permite la estimación práctica de una dosis recomendada de fertilizante, de acuerdo al rendimiento que se fije como objetivo para cada zona.
 - Definir las metodologías y equipos necesarios para relevar, almacenar y analizar los datos necesarios para la aplicación de la AP y posteriormente aplicar las recomendaciones de manejo sitio específico. La solución elegida debe materializarse en una especificación escrita que permita posteriormente establecer el costo aproximado del sistema a construir.
- **Planificación:** Sobre la base del anteproyecto se definen las tareas a desarrollar (diseño definitivo, compra, montaje y puesta en servicio del sistema de AP), se calcula el costo de los recursos necesarios para ejecutar cada una de estas tareas. Como guía preliminar podrían enumerarse los siguientes rubros generales, quedando el listado final a criterio del coordinador del proyecto:
 - Diseño definitivo del sistema de AP, incluyendo un pliego de especificaciones con todos los detalles necesarios para comprar, montar y poner en servicio el sistema. Esto puede ser contratado como un servicio de consultoría a una firma especializada o al ingeniero agrónomo responsable del campo.
 - Presupuesto de compra de los equipos necesarios para el manejo sitio – específico del campo. Para ello se debe seleccionar tipo y cantidad de equipos necesarios, pidiendo luego cotización del costo del equipo, del montaje sobre la maquinaria y de la puesta en operación. En el Anexo 2 se adjunta una planilla general que se puede utilizar para estos fines. Los principales rubros a presupuestar son:
 - Equipos de recolección de datos:
 - Equipo *GPS* y *DGPS*
 - Monitor de rendimiento multifunción, con balanza para calibración ubicada en una tolva, y con un juego de tarjetas de memoria.
 - Equipos de muestreo de suelos
 - Equipos de aplicación de recomendaciones:
 - Kit de fertilización variable
 - Kit de siembra variable
 - Kit de pulverización variable
 - Equipos de almacenamiento y procesamiento de datos:
 - Sistema *GIS* para agricultura:
 - Costo del software *GIS*

- Costo de generación de la base cartográfica (relevar los campos y parcelas para luego dibujarlos en el sistema)
- Costo de captura de datos (cargar sistemáticamente los datos elegidos: rendimientos, cantidad y tipo de insumos aplicados, etc.)
- Costo de gestión y administración de los datos (mantener el sistema en condiciones libre de errores, con datos depurados y ordenados)
- Costo de distribución de los datos (hacerle llegar los datos a los usuarios finales)
- Software para estudiar el comportamiento del cultivo
- Hardware para manejo de datos
- Ensayos y trabajos necesarios para evaluar detalladamente la respuesta sitio – específica del campo:
 - Monitoreo de rendimiento
 - Análisis de suelos
 - Relevamientos topográficos
 - Análisis fotos aéreas o satelitales
 - Otros relevamientos
 - Ensayos experimentales en el campo
 - Desarrollo de modelos econométricos
- Contratación de los servicios de especialistas y personal de apoyo (propio o de terceros) necesarios para implementar y administrar el sistema de AP:
 - Ingeniero Agrónomo especialista en AP
 - Especialista en *GIS*
 - Especialista en equipos de AP
 - Personal de apoyo (carga de datos, manejo de equipos, etc.)
 - Capacitación al personal operativo de la empresa agropecuaria que usará el sistema (operadores de maquinaria, capataz, etc).
 - Servicios profesionales periódicos necesarios para la operación de un sistema de AP (extracción y análisis de muestras de suelos, servicios de *GIS*, mantenimiento de equipos, asesoramiento agronómico, etc.).
- Otras tareas necesarias a criterio del coordinador del proyecto.
 - Calcular la distribución en el tiempo de los flujos de fondos destinados a la inversión en activos fijos.

5.1.2 Estimación de la contribución marginal

Para determinar los *FCF*, debe calcularse inicialmente la contribución marginal esperada del proyecto. La misma puede definirse como la diferencia entre ingresos netos y costos directos, atribuibles a una cierta práctica agronómica. El cálculo deberá realizarse para el caso de AP y AT, siguiendo la metodología de Presupuestos Parciales, es decir que deben considerarse a los efectos del análisis únicamente aquellos conceptos que presentan variaciones de acuerdo a la práctica agronómica empleada.

El cálculo se puede modelizar de la siguiente manera:

Tabla 5.1: Planilla base de cálculo de contribución marginal agrícola

Item	Unidad	Valor
Rendimiento	qq/ha	
Precio Bruto	u\$/qq	
Ingreso Bruto	u\$/ha	
Gastos de Acondicionamiento	u\$/ha	
Gastos de Comercialización	u\$/ha	
Ingreso Neto	u\$/ha	
Labores	u\$/ha	
Semillas	u\$/ha	
Herbicidas	u\$/ha	
Insecticidas	u\$/ha	
Fertilizantes	u\$/ha	
Total Gastos de Implantación y Protección	u\$/ha	
Cosecha	u\$/ha	
Total Costos Directos	u\$/ha	
Contribución Marginal	u\$/ha	

En el Anexo 1 puede consultarse una caracterización sintética de los conceptos utilizados en la planilla.

La identificación de los precios de los insumos (semillas, herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc.) es una tarea sencilla, ya que se trata de información ampliamente disponible en el mercado, y conocida con certeza al momento de utilizar los mismos. En el caso del precio de los productos, el nivel de incertidumbre es mucho mayor, debido al diferimiento que existe entre el momento en que se toma la decisión de producción, y el momento en que se venden los productos. En este caso deberán incluirse valores proyectados de las variables. En este sentido resulta conveniente utilizar como valores referenciales los consignados en los mercados de futuros y opciones agrícolas (Rofex de Rosario o MAT de Buenos Aires), y tendencias de precios para períodos de al menos tres años.

El cálculo de los márgenes agrícolas se basa en el criterio contable de lo devengado¹⁶. Este criterio contable debe ajustarse para reflejar los movimientos de fondos (criterio de lo percibido), en los cuales se basa el análisis de proyectos de inversión, que sigue criterios financieros. Estos ajustes financieros incluyen, sumar aquellos gastos que no implican erogaciones, tal es el caso de las amortizaciones, y registrar las variaciones en el Capital de Trabajo y los Activos Fijos. Los ajustes mencionados se reseñan en las siguientes secciones.

5.1.3 Estimación de flujos de capital de trabajo

La determinación del capital de trabajo necesario para el proyecto se realiza tomando como referencia el momento de la cosecha, es decir el momento en que “teóricamente” tienen lugar los flujos de ingreso por venta del producto.

En el caso de los insumos, todos aquellos costos que se abonan con anterioridad al momento de la cosecha forman parte del capital de trabajo. Esto incluye tanto pagos en especie (operaciones de canje de insumos por productos) como en efectivo.

En el caso del ingreso por venta del producto, debe considerarse como parte del capital de trabajo, el almacenamiento del producto con posterioridad a la cosecha, para su venta

¹⁶ Los conceptos se registran en el momento en que se genera el hecho económico, independientemente que haya existido o no movimiento de fondos.

futura, así como todo diferimiento que exista en la cobranza, respecto del momento de la venta del producto.

Se debe tener en cuenta el efecto del impuesto al valor agregado (IVA) en el capital de trabajo, ya que este gravamen, si bien en última instancia lo paga el consumidor final, origina en el momento de la compra de un bien o servicio un crédito del productor hacia el Estado. Este crédito es recuperado cuando el bien producido por esos activos es vendido al siguiente agente en la cadena de valor. Deben considerarse estos saldos (diferencias entre total de créditos y débitos) como parte del capital de trabajo necesario para el proyecto, resultando entonces:

$$\begin{aligned} \text{Compras} \times \text{Alícuota Compra} &= \text{Incremento Capital de Trabajo} \\ \text{Ventas} \times \text{Alícuota Venta} &= \text{Reducción Capital de Trabajo} \end{aligned}$$

Estos incrementos y reducciones en el capital de trabajo deben ser incorporadas al flujo de fondos. En la actividad agrícola el impacto del IVA se ve acentuado actualmente¹⁷ por la aplicación de una alícuota para la venta de granos (10,5 %), distinta de la general (21 %), aplicada a las compras en general, y las restantes ventas. Esta situación puede incrementar el monto del capital de trabajo que necesita la empresa.

Para el caso particular de la Contribución Marginal (CMg) se tiene:

$$\Delta \text{Capital de Trabajo} = \text{Ventas} \times \text{Alícuota Venta} - \text{Compras} \times \text{Alícuota Compra}$$

Si ambas alícuotas fueran iguales a 21%, el saldo sería:

$$\Delta \text{Capital de Trabajo} = (\text{Ventas} - \text{Compras}) \times 21\% = \text{CMg} \times 21\%$$

Dado que para la evaluación económica del proyecto se considera la Contribución Marginal Incremental (ΔCMg) para cada período, se tiene:

$$\Delta \text{Capital de Trabajo} = (\Delta \text{Ventas} - \Delta \text{Compras}) \times 21\% = \Delta \text{CMg} \times 21\%$$

Si se usa una alícuota del IVA distinta para la compra de insumos y la venta de granos resulta que la variación en el Capital de Trabajo es:

$$\Delta \text{Capital de Trabajo} = \Delta \text{Ventas} \times 10,5\% - \Delta \text{Compras} \times 21\%$$

Esto indica que en teoría el saldo de IVA podría aumentar, permanecer igual o reducirse de acuerdo a cuanto varíen las compras y las ventas. Una aproximación razonable puede ser considerar que en la AP la cantidad de insumos a aplicar varía poco, por lo tanto la variación de compras se aproxima a cero y se tiene:

$$\begin{aligned} \Delta \text{Capital de Trabajo} &= \Delta \text{Ventas} \times 10,5\% - \Delta \text{Compras} \times 21\% = \\ &= \Delta \text{Ventas} \times 10,5\% - 0 \times 21\% = \\ &= \Delta \text{CMg} \times 10,5\% \end{aligned}$$

5.1.4 Impuestos

Los impuestos se liquidan sobre una base contable, por lo que es necesario confeccionar los estados contables a los efectos de calcularlos. En el caso del impuesto a las

¹⁷ De acuerdo a la legislación impositiva vigente en Argentina a junio 2003.

ganancias, su cálculo se realiza a partir de la información suministrada por el Estado de Resultados. La alícuota de este impuesto se aplica sobre una base imponible constituida por el Resultado por Producción del ejercicio, considerando las particularidades del régimen de este tributo (deducciones, exenciones, etc.).

Margen Bruto	
<i>menos:</i>	
Gastos Indirectos	
Resultado Operativo	
<i>menos:</i>	
Amortizaciones	
Resultado por Producción	
<i>menos:</i>	
Impuesto a las Ganancias	
Resultado del Ejercicio	

5.2 Selección del horizonte de evaluación

La selección del horizonte de evaluación dependerá de la vida útil de los activos fijos involucrados en el proyecto de inversión. En el caso de un proyecto de AP deberá especificarse claramente la vida útil del equipamiento utilizado, o alternativamente determinar el valor residual de liquidación del mismo, a la fecha determinada como fin del proyecto.

5.3 Valuación del proyecto

5.3.1 Costo de capital

La inversión en AP constituye una decisión con un nivel de incertidumbre mayor que las decisiones operativas habituales de la explotación agrícola. Esto se origina en los cortos ciclos de vida útil de la tecnología aplicada en AP, en la escasa difusión de este tipo de prácticas en el mercado, y en las importantes modificaciones en los procesos operativos de la explotación agrícola que introduce este tipo de tecnologías. Esta situación implica que deberá utilizarse una tasa de costo de oportunidad superior a la empleada para descontar proyectos con el riesgo promedio de la explotación agrícola.

La tasa de costo de oportunidad se obtiene mediante la fórmula del $WACC_{at}$ (costo promedio ponderado del capital después de impuestos). Para calcular esta tasa se debe determinar el costo del capital propio (r_e) y el costo de la deuda (r_d). El costo de la deuda es conocido y corresponde a la tasa que las entidades proveedoras de fondos (bancos, organismos estatales, fideicomisos, etc.) solicitan para otorgar financiamiento. La determinación del costo del capital propio es más compleja, siendo una de las tareas clave en la evaluación mediante flujos de fondos descontados.

El método habitualmente empleado en finanzas para calcular el costo del capital propio es el Modelo de Valuación de Activos de Capital o *CAPM* (*Capital Asset Pricing Model*)¹⁸. El *CAPM* mide el costo de capital y el riesgo asociado para las distintas empresas que cotizan en el mercado de valores, analizando cuán sensibles son los retornos de sus respectivas acciones a la evolución de un índice del mercado (ej. índice Merval en Argentina). A mayor sensibilidad, mayor riesgo, y por lo tanto mayor costo de capital. Para las empresas que no cotizan en el mercado de valores, se busca una empresa similar cotizante, y se la toma como referencia. La fórmula que se emplea es:

$$r_e = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

¹⁸ Una introducción clara y sencilla al modelo *CAPM* puede encontrarse en Brealey, R y Myers, S. (1996).

donde:

r_e : costo del capital propio

r_f : rendimiento de un activo libre de riesgo

r_m : rendimiento de un índice de mercado

β : sensibilidad de la acción a la variación del índice del mercado

Emplear el *CAPM* en la Argentina no es una tarea sencilla, dado el escaso número de empresas que cotizan en la bolsa local y la volatilidad de la economía¹⁹.

Existe otra limitación en la aplicación del *CAPM* al caso en estudio. El *modelo* supone que existen dos tipos de riesgo: sistemático y asistemático. El riesgo sistemático depende de cuán sensible es una empresa a las variaciones generales de la economía de un país, es decir que se consideran factores que afectan a todas las empresas del mercado. El riesgo asistemático depende de factores particulares de la empresa analizada, es decir que no afectan al resto de las empresas. Este último tipo de riesgo puede eliminarse diversificando la inversión en varias empresas. Este hecho hace que de acuerdo al modelo *CAPM*, el costo de capital esté asociado sólo al riesgo sistemático de la empresa, ya que el asistemático puede eliminarse mediante diversificación. El supuesto anterior es válido, por ejemplo, para un fondo de inversión que tuviera a la actividad agrícola como una inversión más en su cartera diversificada. Sin embargo, para el caso de un empresario agrícola que invierte, generalmente, todo o gran parte de su capital en el emprendimiento, no se cumple el supuesto de diversificación previsto en el modelo *CAPM*. En dicha situación debe considerarse entonces el riesgo total (sistemático más asistemático) del negocio, con su correspondiente efecto en el costo de capital. Se han propuesto diversas metodologías para la consideración del riesgo asistemático, pero su uso aún no está ampliamente difundido.

Una de las alternativas para obtener un costo de capital propio, contemplando el riesgo total, consiste en analizar los retornos sobre el capital propio (*ROE: return on equity*), a lo largo de una serie de años, para un conjunto de empresas agropecuarias competitivas y similares a la que esté proyectando la inversión. En una empresa que reparte como dividendos todos sus beneficios, éstos representan el flujo futuro de fondos. El *ROE* informa entonces cuáles serán los flujos de fondos esperados de una nueva inversión en capital propio para la actividad habitual de la empresa. Pero el *ROE* no contempla la variabilidad y por lo tanto el riesgo de estos flujos de fondos, los cuales deben descontarse a r_e para obtener su valor actual. En una empresa con posibilidades de crecimiento, el *ROE* debe ser mayor que r_e para que el *VAN* de un nuevo aporte de capital sea positivo. Además, como el r_e medido por el *CAPM* contempla sólo el riesgo sistemático, es de esperar que aún para empresas sin oportunidades de crecimiento exista una diferencia positiva entre el *ROE* y r_e , explicada por el riesgo asistemático. En un mercado próximo a la competencia perfecta, tal cual es el caso de la agricultura, el *ROE* podría tomarse como una aproximación razonable al costo de capital propio.

Este camino, que podría ajustarse más a la realidad, ya que contempla el riesgo total de la inversión, en la Argentina presenta numerosos inconvenientes. Éstos incluyen determinar cuáles son las empresas similares, poder acceder a información contable de buena calidad y con criterios homogéneos (inexistente en muchos casos) y la inestabilidad que caracteriza a la economía nacional, entre otros.

La realidad descrita en los párrafos anteriores hace que quien realiza el análisis deba utilizar en gran medida su sentido común y conocimiento del mercado para aprovechar la escasa información generalmente disponible.

¹⁹ Al respecto puede encontrarse un completo estudio en el trabajo de Pereiro y Galli (2001).

A los efectos del presente trabajo se proponen los siguientes pasos:

- a) Mediante la información contable histórica establecer el costo de capital de la empresa en cuestión midiendo el *ROE* en la principal actividad agrícola asociada a la inversión en AP (ej. cultivo de maíz). Si es posible acceder a datos confiables de un mayor número de empresas similares, ésto contribuirá a lograr un mejor resultado.
- b) Analizar los riesgos de esta actividad principal en la situación actual (ej. cultivo de maíz bajo AT), y comparar con el riesgo asociado a una inversión en AP.
- c) Aumentar el costo de capital calculado en el punto a), en función del riesgo adicional asociado a la inversión en AP, aplicando un factor de ajuste.
- d) Paralelamente calcular el costo de capital propio mediante el método del *CAPM*.
- e) Comparar ambos resultados, verificando que sean razonables. En general el costo de capital obtenido por el *CAPM* debería ser menor al obtenido en el punto c), ya que éste último sólo considera el riesgo sistemático para el negocio habitual de la empresa.
- f) Determinado el costo del capital propio, calcular el $WACC_{at}$, empleando el costo de deuda real de la empresa y el grado de endeudamiento.

5.3.2 Presupuesto de capital

Consiste en una planilla de cálculo en la cual se detallan los flujos de fondo del proyecto a lo largo de su horizonte temporal, y se efectúan los cálculos que permiten la valuación del proyecto. Se adjuntan ejemplos de planillas de presupuesto de capital en los anexos 3, 4 y 5.

5.4 Análisis de riesgo

Las características particulares de la producción agrícola hacen que el riesgo sea un factor muy importante a considerar en el análisis de un proyecto de inversión. El riesgo puede derivar principalmente de:

- Incertidumbre acerca de los rendimientos agrícolas
- Incertidumbre acerca de precios:
 - Precio de los insumos
 - Precio de los productos
- Inversión en AP

La incertidumbre acerca de los rendimientos agrícolas se vincula fundamentalmente a factores climáticos. La incertidumbre acerca de los precios a su vez, puede provenir del precio del producto o de los insumos. En general el precio del producto será la variable más incierta al momento de tomar la decisión acerca del proyecto de inversión, dado que los precios de los insumos se suponen conocidos a dicho momento. Adicionalmente, la inversión en AP constituye una decisión con un nivel de incertidumbre mayor que las decisiones operativas habituales de la explotación agrícola, cuyo riesgo también debe ser considerado.

Para considerar estos riesgos puede aplicarse un análisis de sensibilidad o de escenarios, de acuerdo a lo explicado en el punto 4.1.4.

6. Ejemplo

6.1. Introducción

A los efectos de ilustrar la metodología se desarrolla a continuación un ejemplo basado en los datos de la explotación “El Piquete” incluida en la investigación de Bongiovanni (2002). En dicho estudio se analizó la respuesta de un cultivo de maíz a la

aplicación variable de nitrógeno, con el objeto de determinar la dosis de fertilizante que optimiza el rendimiento económico de la explotación y la tarifa de equilibrio para la aplicación variable de insumos por parte de un contratista.

El presente ejemplo tiene como objetivo ilustrar la evaluación económica integral de un proyecto de inversión en AP desde dos enfoques: el de una empresa que invierte en recursos y equipamiento propio de AP, y el de un contratista que brinda servicios de AP a terceros. Se desarrolla entonces a continuación el caso de negocios hipotético de una empresa agrícola que decide realizar la evaluación económica de un proyecto de inversión en AP.

Cabe destacar que los precios utilizados son estimativos, y no necesariamente reflejan el valor de mercado actual. Su uso responde a la necesidad de asignar un valor determinado a los insumos para ilustrar la metodología. La aplicación práctica de esta guía requerirá la utilización de datos actualizados.

6.2. Estudio del caso

6.2.1. Descripción del negocio

La empresa posee dos unidades de negocios independientes: la Unidad Operativa y la Unidad de Servicios. La Unidad Operativa tiene a su cargo la planificación y dirección de todas las tareas agrícolas, y su rol puede asimilarse al de propietario / administrador de la explotación. La Unidad de Servicios tiene a su cargo la ejecución de aquellas labores agrícolas que requieran uso de maquinarias y adicionalmente brinda servicios de AP. El rol de esta última unidad puede asimilarse al de un contratista de servicios de maquinaria agrícola.

La empresa posee un campo en la zona de Río Cuarto, Córdoba, de aproximadamente 4.000 ha. útiles para el cultivo, en las cuales se siembran 2.000 ha. de maíz en rotación anual con otro cultivo. De esa manera, todos los años es posible sembrar 2.000 ha. de maíz, cultivo elegido por la empresa para desarrollar sus primeras actividades en AP.

La Unidad de Servicios evalúa ofrecer inicialmente servicios de AP consistentes en el monitoreo satelital durante la cosecha y la aplicación de nitrógeno (fertilizante) en forma variable. Estos servicios serán ofrecidos en principio a la Unidad Operativa, para posteriormente extenderlos a otros posibles clientes fuera de la empresa. Cuenta para ello con un cierto número de cosechadoras y fertilizadoras convencionales que le permiten prestar los servicios, debiendo evaluar la conveniencia económica de incorporar los activos fijos necesarios para implementar AP.

La Unidad Operativa, por su parte, debe evaluar si el potencial aumento de productividad que lograría aplicando AP justifica los costos adicionales en que incurrirá (desarrollo e implementación de la AP, tarifa de los nuevos servicios provistos por la Unidad de Servicios, etc.).

En función de lo anterior ambas unidades (Operativa y de Servicios) deciden evaluar en forma conjunta el proyecto de inversión en AP, utilizando la metodología desarrollada anteriormente. Se detallan a continuación los pasos a seguir.

6.2.2. Paso 1: Estimación de los flujos de fondos

6.2.2.1. Estimación de flujos de activos fijos

Para desarrollar la etapa de Diseño, la Unidad Operativa solicita a un ingeniero agrónomo el anteproyecto de un sistema de AP para la explotación agrícola. En primer lugar, se determinan las variables limitantes del rendimiento para la zona: el nitrógeno y el agua.

Se procede a estimar las sub-zonas sujetas a tratamiento sitio específico. Basado en su experiencia previa y en los antecedentes recabados, el ingeniero agrónomo considera que preliminarmente es viable emplear técnicas de AP. Se decide administrar en forma sitio específica la cantidad de nitrógeno aplicada al cultivo de maíz, aunque se deben realizar estudios previos para comprobar si esto es adecuado. El ingeniero agrónomo supone, en

función de estudios anteriores, que la respuesta del maíz al nitrógeno depende fundamentalmente de la topografía del terreno (loma, pendiente o bajo). Mediante un relevamiento topográfico identifica qué porciones del campo corresponden a cada una de estas características del terreno.

Luego el ingeniero agrónomo procede a estimar la función de producción del cultivo, correspondiente a cada sub-zona. Para ello realiza un ensayo experimental en una porción de aproximadamente 8 ha., que considera representativa del total de campo. Este experimento consiste en aplicar a lo largo de franjas distintas cantidades de fertilizante, midiendo posteriormente los rendimientos obtenidos mediante un monitor de rendimiento. Mediante un modelo econométrico espacial establece la función de producción para cada sub-zona dentro de la zona del experimento (loma, pendiente o bajo), extrapolar los resultados al resto del campo.

La Unidad Operativa y la Unidad de Servicios definen conjuntamente las metodologías y equipos necesarios para implementar AP en la explotación. Se escribe una especificación preliminar de un sistema que permita aplicar en forma variable el nitrógeno (kit de aplicación variable) y medir posteriormente los rendimientos obtenidos (monitoreo de rendimiento satelital), además de los equipos adicionales necesarios (ej. software, computadoras).

Finalizada la etapa de Diseño, se procede a desarrollar la etapa de Planificación. Sobre la base de la especificación se definen las tareas a desarrollar para implementar el sistema de AP (diseño definitivo, compra, montaje y puesta en servicio) y el costo de los recursos necesarios para ejecutar cada una de estas tareas, mediante la confección de un Presupuesto de Inversión en un Sistema de AP, detallado en el Anexo 3. Finalmente, se calcula la distribución en el tiempo de los flujos de fondos destinados a la inversión en activos fijos.

6.2.2.2. Estimación de la contribución marginal

Las funciones de producción y los precios de productos (maíz) e insumos (nitrógeno) son integrados a una función objetivo de maximización de contribución marginal, que permite determinar las dosis económicas óptimas para cada sub-zona bajo AP. Comparando estos resultados con los obtenidos bajo AT, se obtiene la contribución marginal incremental esperada del proyecto.

Para el presente caso se toma el valor de Contribución Marginal Incremental obtenido en Bongiovanni (2002), según el siguiente detalle:

- Precio del maíz: 8,20 u\$/q.
- Precio del nitrógeno: 0,6076 u\$/kg. (0,5652 u\$/kg. incluyendo una tasa de interés anual del 15% por financiamiento del insumo entre el momento de siembra y cosecha).
- Contribución Marginal Incremental: 15,77 u\$/ha. Se obtiene a partir de la dosis económica variable óptima bajo AP, restándole la dosis agronómica uniforme zonal. Las funciones de producción utilizadas para obtener la dosis económica variable óptima bajo AP, corresponden a un modelo que utiliza un promedio ponderado de dos campañas agrícolas (1998-99: húmeda y 2000-01: seca), asignándole un 50% de probabilidad de ocurrencia a cada una de las mismas.

6.2.2.3. Estimación de Flujos de Capital de Trabajo

Se considera que los insumos se pagan en el momento de la cosecha, estando los efectos de esta financiación incluidos en el precio de los insumos. No existen otros créditos comerciales a considerar. Debe tenerse en cuenta el efecto del IVA. Se supone una alícuota de IVA compras del 21%, y de IVA ventas del 10,5% en granos.

Para las compras, tanto de la Unidad de Servicios como de la Unidad Operativa, se considera:

$$\Delta \text{Capital de Trabajo} = \text{Compras Bienes o Servicios} \times 21\%$$

Para el Incremento de la Contribución Marginal (Unidad Operativa) se toma:

$$\begin{aligned} \Delta \text{Capital de Trabajo} &= \Delta \text{Ventas} \times 10,5\% - \Delta \text{Compras} \times 21\% = \\ &= \Delta \text{Ventas} \times 10,5\% - 0 \times 21\% = \\ &= \Delta \text{CMg} \times 10,5\% \end{aligned}$$

Se supone $\Delta \text{Compras} = 0$, porque no hay variación en la utilización de insumos.

Para las ventas efectuadas por la Unidad de Servicios se toma precio del servicio multiplicado por 21 %.

6.2.2.4. Impuestos

A los efectos de simplificar el análisis se considera que el impuesto a las ganancias se calcula anualmente con cierre al final del segundo trimestre del año, pagándose en ese mismo momento. La tasa es del 35%. No se consideran otros impuestos (ej. ingresos brutos) por considerarse poco significativo su impacto en este nivel de análisis. No obstante, es un supuesto que debe ser verificado de acuerdo a la legislación vigente en cada lugar donde la empresa desarrolle sus actividades.

6.2.3. Paso 2: Selección del horizonte de valuación

Se estima que la vida útil del equipamiento de AP es de cinco años, considerando que luego de dicho período será obsoleto tecnológicamente, por lo que no tiene valor de liquidación. Se decide entonces tomar este plazo como horizonte de valuación.

6.2.4. Paso 3: Valuación del proyecto

6.2.4.1. Costo de capital

Para determinar el costo de oportunidad no fue posible acceder a información contable de empresas similares en la zona. Al no poder calcular el ROE según lo propuesto en el capítulo 5, se tomó directamente el costo de capital propio de una empresa representativa del sector agrícola argentino, CRESUD, calculado según el método del *CAPM* con valores del mercado argentino (Pereiro y Galli, 2001).

$$r_f = 13,0\%$$

$$\beta_d \text{ CRESUD} = 0,55 \text{ (Beta desapalancado)}^{20}$$

Suponiendo que los activos se financian con 70% de capital propio y 30% de deuda libre de riesgo ($\beta_{deuda} = 0$), el Beta apalancado²¹ se obtiene:

$$D/E = 0,30/0,70 = 0,43$$

$$\beta_a = \beta_d + \frac{D}{E} \times (\beta_d - \beta_{deuda}) \text{ (Beta apalancado)}$$

$$\beta_a = 0,55 + 0,43 \times (0,55 - 0) = 0,79$$

$$r_m = 19,0\%$$

$$r_e = r_f + \beta_a (r_m - r_f)$$

$$r_e = 13,0\% + 0,79 \times 6,0\% = 17,74\%$$

²⁰ Beta calculado para una empresa con deuda igual a cero.

²¹ Beta calculado considerando el efecto de la deuda.

Si bien el riesgo asociado a la AP es superior al riesgo habitual del negocio, el costo de capital obtenido es considerablemente más alto que los valores más frecuentemente consignados en la bibliografía. En función de esto se decide no incrementar el valor obtenido para el costo de capital.

Asumiendo un costo de deuda de 12,50 % (tasa del Banco Nación para préstamos agropecuarios de Abril 2003), y la mencionada relación 70% capital propio y 30% deuda, se tiene:

$$WACC_{at} = \frac{D}{(D+E)} r_d (1-t) + \frac{E}{(D+E)} r_e$$

$$WACC_{at} = 0,30 \times 12,5 \% \times (1-0,35) + 0,70 \times 17,74 \% = 14,86 \%$$

6.2.4.2. Presupuesto de capital

Se desarrolla en primer lugar la evaluación económica del proyecto de AP para la empresa en su conjunto (Anexo 3). Luego se desarrollan de manera separada las evaluaciones económicas del proyecto de AP para la Unidad Operativa (Anexo 4) y para la Unidad de Servicios (Anexo 5) como negocios independientes. Se resumen los supuestos adicionales planteados:

- Valores expresado en dólares estadounidenses (u\$s)
- Tipo de cambio: 3 \$/u\$s (para todos aquellos ítems nominados originariamente en pesos)

Para la evaluación económica del proyecto considerando la Unidad Operativa y la Unidad de Servicios como negocios separados, se incluyen los siguiente supuestos adicionales:

- Tarifa del Servicio de Fertilización Variable: 2 u\$s/ha.
- Tarifa del Servicio de Monitoreo de Rendimiento: 2 u\$s/ha.

La relación entre ambas tarifas refleja las proporciones aproximadas de inversión en activos fijos que requiere la prestación de cada uno de estos servicios. Cabe destacar que los valores de tarifa indicados corresponden a casos puntuales relevados en la zona de Río Cuarto, no pudiendo considerarse como representativos, en un mercado de servicios de AP aún incipiente.

6.3. Resultados

6.3.1. Caso de la empresa (Unidad Operativa + Unidad de Servicios)²²

La evaluación económica del proyecto de AP para la empresa en su conjunto, arroja un *VAN* positivo de u\$s 40.231, el que siendo superior a cero indica que el proyecto crea valor para la empresa y, por lo tanto, debe ser aceptado para la explotación bajo análisis. La *TIR* calculada es de 57,30%, frente a un costo de oportunidad del capital de 14,86%, lo cual apoya la conclusión anterior.

Es posible calcular la contribución marginal incremental que hace cero el *VAN* del proyecto, siendo la misma de 6,91 u\$s/ha. Si la contribución marginal incremental de la AP se sitúa por debajo de este valor, el proyecto no debería ser aceptado. Es posible graficar la contribución marginal incremental que hace cero el *VAN* para diversas superficies de explotación, dentro de un rango relevante.

²² La suma de los flujos de fondos de las Unidades Operativa y de Servicios, no coincide exactamente con el flujo de fondos de la empresa, debido a la duplicación de algunos equipos, necesaria para operar de manera independiente.

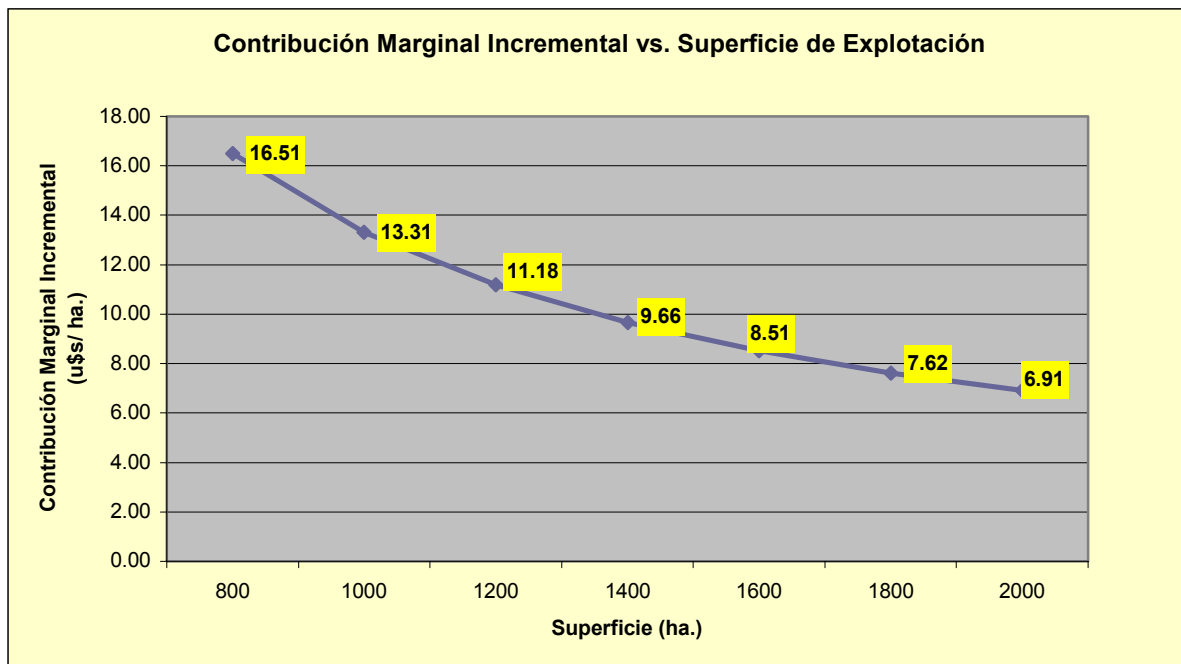


Figura 6.3.1: Contribución marginal incremental vs. Superficie de explotación

6.3.2. Caso Unidad Operativa

La evaluación económica del proyecto de AP para la Unidad Operativa arroja un *VAN* positivo de u\$s 38.864, indicando que el proyecto debe ser aceptado para la explotación bajo análisis. La *TIR* de 108,95% es superior al costo de oportunidad del capital, sustentando la decisión anterior.

Es posible calcular la tarifa total por servicios de AP que hace cero el *VAN* del proyecto para la Unidad Operativa. La misma asciende a 10,85 u\$s/ha (Tarifa de Servicio de Fertilización Variable: 5,42 u\$s/ha + Tarifa de Servicio de Monitoreo de Rendimiento: 5,42 u\$s/ha). Dicha tarifa total máxima de equilibrio ($VAN = 0$, para la Unidad Operativa) puede graficarse para diversas superficies de explotación, dentro de un rango relevante.

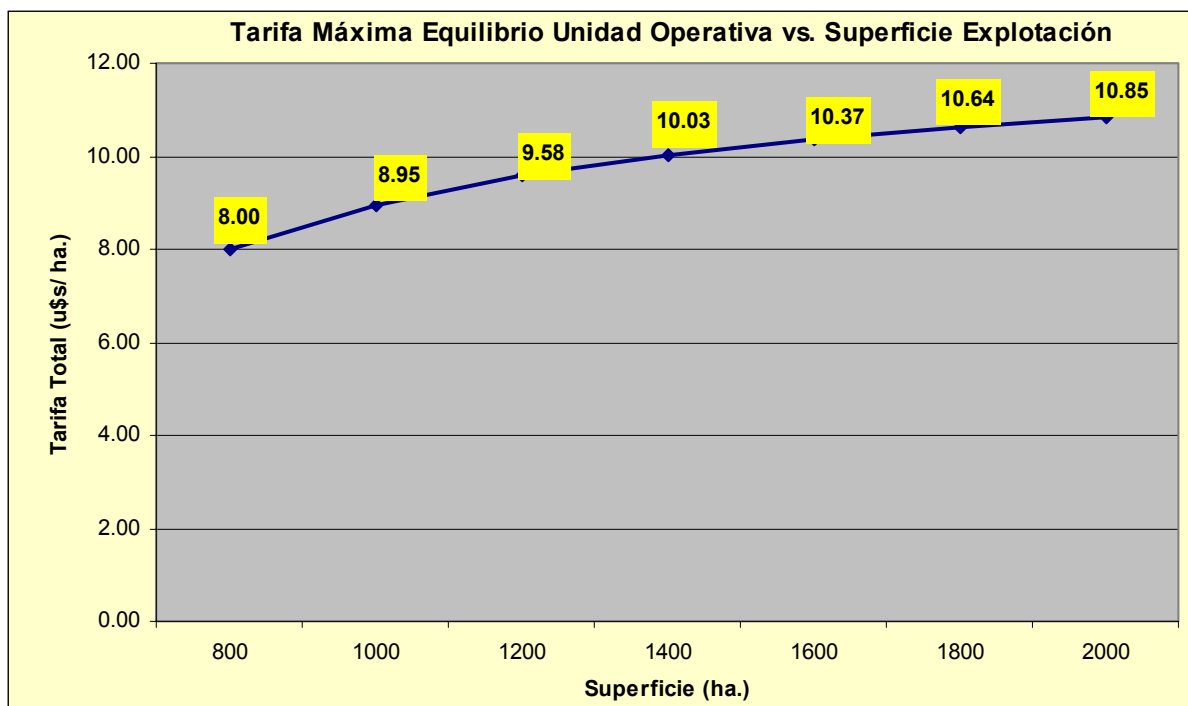


Figura 6.3.2: Tarifa máxima de equilibrio Unid. Operativa vs. Sup. de explotación

6.3.3. Caso Unidad de Servicios

La evaluación económica del proyecto de AP para la Unidad de Servicios arroja un *VAN* positivo de u\$s 776, indicando que el proyecto debe ser aceptado para la explotación bajo análisis. La *TIR* de 16,43% es superior al costo de oportunidad del capital, con lo cual se confirma la decisión precedente.

Es posible calcular la tarifa total por servicios de AP que hace cero el *VAN* del proyecto para la Unidad de Servicios, para la explotación bajo estudio. La misma asciende a 3,84 u\$s/ha. (Tarifa de Servicio de Fertilización Variable: 1,92 u\$s/ha. + Tarifa de Servicio de Monitoreo de Rendimiento: 1,92 u\$s/ha.). Dicha tarifa total mínima de equilibrio (*VAN* = 0, para la Unidad de Servicios) puede graficarse para diversas superficies de explotación, dentro de un rango relevante.

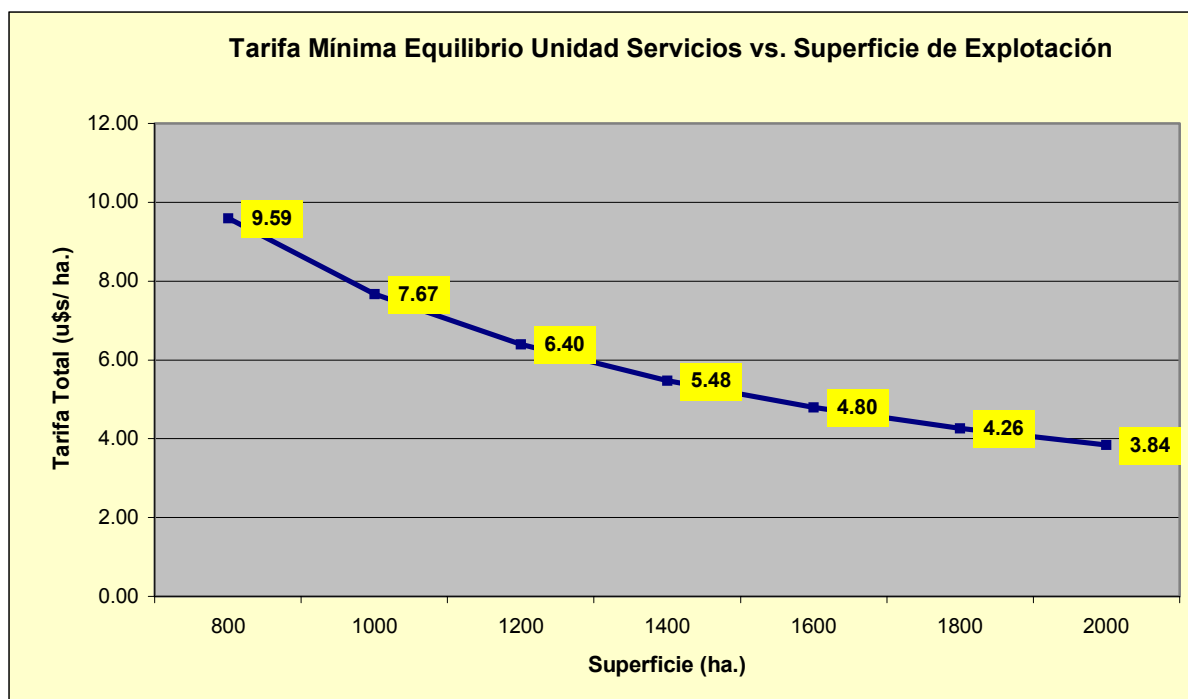


Figura 6.3.3: Tarifa mínima de equilibrio Unid. Servicios vs. Sup. de explotación

En el ejemplo desarrollado, el rango de tarifas totales por servicios de AP, para el cual proyecto es económicamente viable para ambas Unidades, es de 3,84 u\$/ha. (valor mínimo para la Unidad de Servicios) hasta 10,85 u\$/ha. (valor máximo para la Unidad Operativa), para la superficie de la explotación bajo estudio. Es de esperar que, de acuerdo al poder de mercado de cada una de estas Unidades, se llegue a una tarifa de equilibrio que se encuentre en el rango mencionado.

7. Conclusiones

El presente estudio brinda un método sencillo y ordenado para realizar la evaluación económica de un proyecto de inversión en AP. La evaluación permite determinar si los beneficios generados por la implementación de AP son suficientes para justificar la inversión requerida.

Entre las principales características de la metodología propuesta se encuentran:

1. La utilización de un procedimiento de gestión de proyectos y la aplicación de un enfoque de flujo de fondos descontado, que permiten demostrar las condiciones de factibilidad económica utilizando prácticas de amplia aceptación en el mercado.
2. A través de la identificación y separación de los diferentes flujos de fondos, es posible evaluar tanto el caso donde una única empresa realiza la inversión y opera el sistema de AP, como el caso en que la inversión y operación del sistema está dividida entre la empresa que explota el campo, y uno o más contratistas que ejecutan las distintas labores (fertilización variable, cosecha con monitoreo de rendimiento, etc.).
3. Dadas la inversión y superficie de explotación, permite calcular cuál es la contribución marginal incremental mínima necesaria para justificar económicamente el sistema de AP.

4. Dada la contribución marginal incremental de la explotación, permite estimar los valores máximos y mínimos que podría tener la tarifa de un contratista de manera que sea económicamente rentable para todos los participantes.
5. Permite determinar que el Valor Actual Neto de la inversión aumenta junto con la superficie del campo bajo AP, evidenciando la existencia de economías de escala, al menos dentro de un cierto rango de superficie. Este hecho debería favorecer el surgimiento de una oferta de servicios de AP por parte de los contratistas de labores agrícolas. Lo anterior se fundamenta en que los mismos podrían trabajar con sus equipos una superficie mayor a la que puede abarcar un productor individual sin la escala necesaria.

8. Bibliografía

- Anselin, L., Bongiovanni, R., and Lowenberg-DeBoer, J. (2002). "A Spatial Econometric Approach to the Economics of Site-Specific Nitrogen Management in Corn Production." Enviado al American Journal of Agricultural Economics (AJAE).
- Bongiovanni, R. (2002). A Spatial Econometric Approach to the Economics of Site-Specific Nitrogen Management in Corn Production. Ph.D. Thesis, Agricultural Economics, Purdue Univ. 306 pp.
- Bongiovanni, R., and Lowenberg-DeBoer, J. (2002). "Precision Agriculture and Sustainability." A publicarse próximamente en el Journal of Precision Agriculture.
- Bongiovanni, R., and Lowenberg-DeBoer, J. (2002). "Precision Agriculture in Argentina." A publicarse en el Journal of Crop Production
- Bongiovanni, R. (2002). Econometría espacial: una herramienta clave para el manejo sitio-específico de insumos. En: Bragachini et al. (eds), 2002. Actas del Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América, 17-19 Diciembre 2002, Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Organizado por PROCISUR.
- Bongiovanni, R. and Lowenberg-DeBoer, J. (2002). "Economics of Nitrogen Response Variability Over Space and Time: Results from the 1999-2001 Field Trials in Argentina" Trabajo presentado en: 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Julio 14-17, 2002. Minneapolis, MN.
- Bongiovanni, R. (2002). "Análisis Económico de la Variabilidad en la Respuesta al Nitrógeno en el espacio y en el tiempo: Resultados de los Ensayos a Campo". Trabajo presentado en: 4to Curso de Agricultura de Precisión, Oncativo (Argentina), Julio 24-25, 2002. INTA-Manfredi.
- Bongiovanni, R. (2002). "Método para Establecer el Valor de la Agricultura de Precisión: Respuesta del Maíz al Nitrógeno en Ensayos a Campo. Trabajo presentado en: 4to Curso de Agricultura de Precisión, Oncativo (Argentina), Julio 24-25, 2002. INTA-Manfredi.
- Bongiovanni, R., y Lowenberg-DeBoer, J. (2001). "Agricultura de Precisión y Sustentabilidad". Trabajo presentado como conferencista invitado en el VIIº Congreso de Maíz, Pergamino, Argentina, Noviembre 7-9, 2001.
- Bongiovanni, R., and Lowenberg-DeBoer, J. (2001). "Precision Agriculture: Economics of Nitrogen Management in Corn Using Site-specific Crop Response Estimates from a Spatial Regression Model." Selected Paper: American Agricultural Economists Association Annual Meeting (AAEA), Chicago, Illinois, Agosto 4-8, 2001.
- Bongiovanni, R., Lowenberg-DeBoer, J. (2000). "Nitrogen management in corn using site-specific crop response estimates from a spatial regression model," in P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson, eds., Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture, St. Paul., Minn., 2000, ASA/CSSA/SSSA.
- Bongiovanni, R., and Lowenberg-DeBoer, J. (1998). "Economics of Variable Rate Lime in Indiana," in P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson, eds., Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, St. Paul., Minn., 1998, ASA/CSSA/SSSA, 1999, p. 1653-1666.
- Bragachini, M. (2001). "Evolución, Presente y Futuro de la Agricultura de Precisión en la Argentina 1996/2001". INTA Manfredi.
- Bragachini, M., von Martini, A., Méndez, A. (2001). "Eslabonamiento Productivo del Sector Maquinaria Agrícola Argentina". INTA Manfredi.

- Bragachini, M, von Martini, A., Méndez, A., Monchamp, J. (2001). “Primeros Ensayos Exploratorios de Manejo Sitio Específico de Cultivos”. Proyecto Agricultura de Precisión. INTA Manfredi.
- Brealey, R., Myers, S. (1996). “Fundamentos de Financiación Empresarial”. Mc Graw Hill. Quinta edición.
- Colombo, F., Corradini, E., Luque, R. (2000). “Lecciones On Line: Introducción al cálculo de resultados de una empresa agropecuaria”. UADE – fyo.com.
- Dardanelli, J. (2002). “Utilización de Modelos de Simulación para el Manejo Sitio-Específico”. Trabajo preparado para el Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. Organizado por PROCISUR. Diciembre 2002.
- Deere & Company (1997), “The Precision Farming Guide for Agriculturist”, John Deere Publishing.
- Gray, C.; Larson, E. (2000). “Project Management – The Managerial Process”. McGraw Hill Higher Education. Primera edición.
- Lambert, D.; Lowenberg-DeBoer, J.; and Bongiovanni, R. (2002). “Spatial Regression, an Alternative Statistical Analysis for Landscape Scale On-farm trials: Case Study of Variable Rate N Application in Argentina.” Trabajo presentado en: 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Julio 14-17, 2002. Minneapolis, MN, USA.
- Lambert, D.; Lowenberg-DeBoer, J.; and R. Bongiovanni. 2002. Statistical Methods for Precision Agricultural Data: Case Study of Variable Rate Nitrogen on Corn in Argentina.” Submitted to the Journal of Manufacturing & Service Operations Management (M&SOM). October 2002.
- Lambert, D.; Lowenberg-De Boer, J. (2000). “Precision Agriculture Profitability Review”. Site Specific Management Center. Purdue University.
- Lowenberg-De Boer, J.; Boehje, M. (1996). “Revolution, Evolution or Dead-End: Economic Perspectives on Precision Agriculture”. Department of Agricultural Economics. Purdue University.
- Lowenberg-De Boer, J.; Erickson, K. (2000). “Precision Farming Profitability”. Agricultural Research Programs. Purdue University.
- Lowenberg-De Boer, J. (2002). “Will farmers choose Precision Farming or Convenience Agriculture?”. Precision Farming Newsletter. Site Specific Management Center. Purdue University. December 2002.
- O'Donnell, A.; von Martini, M. (2002). “Aplicación Práctica de la Secuencia de Manejo Sitio Específico Utilizando Agricultura de Precisión”. Trabajo preparado para el Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. Organizado por PROCISUR. Diciembre.
- Pereiro, L., Galli, M. (2001). “La Determinación del Costo del Capital en la Valuación de Empresas de Capital Cerrado: Una Guía Practica”. Universidad Torcuato Di Tella y IAEF.
- Proietti, F., Bocco, M. (2002). “Evaluación Económico-Financiera de la Adopción de un Sistema de Agricultura de Precisión”. Trabajo preparado para el Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. Organizado por PROCISUR. Diciembre 2002.
- Roberts, R., English, B., Mahajanashetti, S. (2000). “Evaluating the Returns to Variable Rate Nitrogen Application”. Journal of Agricultural and Applied Economics, 32, 1. April 2000:133-143.
- Swinton, S.; Bongiovanni, R.; Lowenberg-DeBoer, J.; and D. Bullock (2001). “Assessing the value of Precision Agriculture Data: On-Farm Nitrogen Response in Argentina.” Prepared for the AAEE Spatial Analysis Learning Workshop, Agosto 4, 2001.

American Agricultural Economists Association Annual Meeting, Chicago, Illinois, Agosto 4-8, 2001.

Watson, S., Segarra, E., Machado, S., Bynum, E., Archer, T., Bronson, K. (2003). "Precision Farming in Irrigated Corn Production: An Economic Perspective". Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Mobile, Alabama, February 1-5, 2003.

Anexo 1

Rendimiento: Es un indicador de la producción de la actividad (en kilos, toneladas o quintales), que se expresa generalmente referenciado a alguna unidad de superficie. En Argentina el indicador de rendimiento más utilizado es quintales (=100 kilos) por hectárea (=10.000 m²), usualmente expresado como qq/ha.

Precio Bruto: Está dado por el precio de venta (precio capturado realmente), cesión (precio del cereal al momento de hacer la cesión) o stock (tasación a cierre de ejercicio).

Para obtener el Ingreso Neto, debe restarse al Ingreso Bruto los Gastos de Acondicionamiento y los Gastos de Comercialización. A los fines de simplificar el análisis, este tipo de gastos se expresa frecuentemente como porcentaje del Ingreso Bruto, aunque resulta recomendable analizar la composición de los mismos.

Gastos de Acondicionamiento: Son aquellos necesarios para poner la producción en condiciones de comercialización²³. Están integrados por:

- Flete Corto o Acarreo: Servicio de transporte desde el lugar de producción, hasta el acondicionamiento o almacenaje (acopio). Cálculo: Peso Bruto x Tarifa u\$/t.
- Gastos Generales o Paritaria: Servicio de entrega en la planta, carga y descarga, pesaje, análisis y gastos administrativos de recibo. Cálculo: Peso Bruto x Tarifa.
- Secada: Ajuste a las condiciones de humedad requeridas para el producto. Humedad base para los cultivos tradicionales: Trigo 14% - Maíz 14.5% - Sorgo 15% - Soja 13% - Girasol 11%. Cálculo: Peso Bruto x Tarifa por punto de humedad x puntos de humedad excedente a la base.
- Zarandeo: Eliminación de cuerpos extraños (chamico, trébol de olor, etc.) y granos dañados. Cálculo: Peso Bruto del cereal sujeto al servicio x Tarifa.
- Fumigada: Eliminación de insectos. Cálculo: Peso Bruto del cereal sujeto al servicio x Tarifa.

Gastos de Comercialización: Son aquellos requeridos para cerrar la operación comercial.

Están integrados por:

- Flete Largo: Servicio de transporte desde la planta de acondicionamiento o almacenaje, hasta el destino final (industrias, puerto, etc.). Cálculo: Peso Bruto x Tarifa u\$/t.
- Comisión: Ganancia del intermediario. Cálculo: Ingreso Bruto x Tarifa Porcentual.
- Almacenaje: Costo por la retención de la mercadería en la planta o acopio de terceros. Cálculo: Días de almacenaje x Tarifa u\$/t, o porcentual sobre el precio de la operación.

Una vez obtenido el Ingreso Neto, deben restársele a éste los Costos Directos, para obtener el Margen Bruto:

Costos Directos: Se definen como la valorización de los insumos o factores variables que se consumen en el ciclo productivo, los cuales dependerán del planteo técnico seleccionado.

Están compuestos por:

1. Gastos de Implantación y Protección:

- Labores: Las labores incluyen los trabajos de barbecho, presiembra, siembra y post siembra. Los trabajos se valorizan en UTA (Unidad de Trabajo Agrícola²⁴), que es una unidad física de referencia, que permite expresar en términos equivalentes las diferentes labores agrícolas. Una UTA equivale a una arada de reja en una hectárea. Luego relacionando las otras labores con la arada de reja, que toma el valor 1, se le

²³ Se conocen también como “Condiciones Cámara”, en referencia a las Normas de Calidad para la Comercialización de Granos y Subproductos.

²⁴ Otra fuente señala el significado de las siglas UTA como: Unidad Técnica Arada. Ver Colombo et al. (2000).

otorgan los valores relativos a cada labor. Cálculo: UTA/ha. x u\$/UTA. Es recomendable realizar esta valorización, tanto sea que se empleen contratistas para realizar las labores, como trabajo y maquinaria propia.

- Semillas: De acuerdo al híbrido o variedad que se trate, generalmente se calcula kg/ha x u\$/kg. En el caso de una densidad de siembra uniforme, puede plantearse la densidad de plantas por ha, y multiplicarla por el peso de 1.000 semillas, de esta forma se obtendrán los kg/ha necesarios.
- Herbicidas, Insecticidas y Fertilizantes: Se calculan en unidades por ha (kg, litros) x precio del insumo.

2. Gastos de Cosecha:

- Se calculan en función del tipo de arreglo realizado con el contratista a cargo de esta tarea. Puede especificarse como un porcentaje de la producción (aproximadamente entre 8 y 10%), o en base a una tarifa fija por ha.

Anexo 2

Presupuesto de Inversión Sistema AP					
N°	Concepto	Unid.	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
1	Equipos de Recolección de Datos				
	Equipo DGPS Monitor de rendimiento Monitor de pulverización Monitor de siembra Monitor de fertilización Equipos de muestreo de suelos				
2	Equipos de Aplicación de Recomendaciones				
	Kit de fertilización variable Kit de siembra variable Kit de pulverización variable				
3	Equipos de Almacenamiento y Procesamiento de Datos				
	Sistema de comunicaciones Sistema GIS para agricultura: Costo del software GIS Costo de generación de la base cartográfica Costo de captura de datos Costo de gestión y administración de los datos Costo de distribución de los datos Software para estudiar el comportamiento del cultivo Hardware para manejo de datos				
4	Relevamientos y Ensayos				
	Análisis de suelos Relevamientos topográficos Análisis fotos aéreas o satelitales Ensayos experimentales en el campo Desarrollo de modelos econométricos				
5	Servicios Profesionales y Personal de Apoyo				
	Ing. Agrónomo especialista en AP Especialista en GIS Especialista en equipos de AP Personal de apoyo (carga de datos, manejo de equipos, etc.) Capacitación al personal operativo (maquinistas, capataz, etc.) Servicios profesionales periódicos (análisis suelos, GIS, etc.)				
6	Otras Tareas				
	Total				

Anexo 3

Anexo 3 - Presupuesto de Inversión Sistema AP. Explotación "El Piquete" (Unidad Operativa + Unidad Servicios)					
N°	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
1	Equipos de recolección de datos				
	Equipo DGPS <i>Posicionador satelital DGPS Csi GBX 12</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$2,800</i>	<i>\$2,800</i>
	Monitor de rendimiento <i>Consola Ag Leader PF 3000</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$3,000</i>	<i>\$3,000</i>
	<i>Kit p/ monitoreo (sensores, cableado, etc.)</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$3,700</i>	<i>\$3,700</i>
	<i>Instalación</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$300</i>	<i>\$300</i>
2	Equipos de aplicación de recomendaciones				
	Kit de fertilización variable <i>Monitor fertilización</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$2,150</i>	<i>\$2,150</i>
	<i>Motor Accu-Rate</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$3,690</i>	<i>\$3,690</i>
	<i>Consola Accu-Rate</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$1,290</i>	<i>\$1,290</i>
	<i>Radar</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$600</i>	<i>\$600</i>
	<i>VRT</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$1,200</i>	<i>\$1,200</i>
	<i>Instalación</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$800</i>	<i>\$800</i>
3	Equipos de almacenamiento y procesamiento de datos				
	Sistema GIS para agricultura: <i>Sistema GIS Arc View 3,2a</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$1,800</i>	<i>\$1,800</i>
	Software para estudiar el comportamiento del cultivo <i>Programa SpacStat</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$2,500</i>	<i>\$2,100</i>
	Hardware para manejo de datos <i>Tarjeta de memoria SRAM PCMCIA Centennial de 1 MB</i>	<i>un.</i>	<i>2</i>	<i>\$150</i>	<i>\$300</i>
	<i>Lector de tarjetas de memoria externo</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$270</i>	<i>\$270</i>
4	Relevamientos y ensayos				
	Relevamientos topográficos <i>Planialtimetría</i>	<i>ha.</i>	<i>2,000</i>	<i>\$1.3</i>	<i>\$2,667</i>
	Análisis fotos aéreas o satelitales <i>Compra de fotos</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$167</i>	<i>\$167</i>
	Desarrollo de modelos econométricos <i>Incluido en las funciones del Ing. Agrónomo</i>				
5	Servicios profesionales y personal de apoyo para implementación sistema				
	Servicios profesionales <i>Honorarios Ingeniero Agrónomo especialista en AP</i>	<i>hs.</i>	<i>160</i>	<i>\$9</i>	<i>\$1,440</i>
	<i>Gastos de oficina y movilidad</i>	<i>global</i>	<i>1</i>	<i>\$400</i>	<i>\$400</i>
	Personal de apoyo <i>Personal de apoyo (carga de datos, manejo de equipos, etc.)</i>	<i>hs.</i>	<i>80</i>	<i>\$5</i>	<i>\$400</i>
	<i>Capacitación al personal operativo (maquinistas, capataz, etc.)</i>	<i>hs.</i>	<i>96</i>	<i>\$3</i>	<i>\$288</i>
Total					\$29,361

Anexo 3 - Presupuesto de Inversión Sistema AP. Explotación "El Piquete" (Unidad Operativa + Unidad Servicios)					
N°	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
	Abono semestral a señal de corrección Beacon MSK	<i>un.</i>	<i>2</i>	<i>\$300</i>	<i>\$600</i>
	Ensayos anuales sobre el campo	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$500</i>	<i>\$500</i>
	Servicios Ing. Agrónomo (abono trimestral)	<i>un.</i>	<i>2</i>	<i>\$500</i>	<i>\$1,000</i>
Total					\$2,100

Anexo 3 - Evaluación Económica de un Proyecto de AP: explotación "El Piquete" (Unidad Operativa + Unidad de Servicios)

Costo Capital Propio (TNA)	17.74%
Costo Deuda (TNA)	12.50%
D/A	0.30
Impuesto a las Ganancias	35%
WACCat (TNA)	14.86%
WACCat (TET)	3.52%
Contrib. marginal Incremental (u\$/ha)	\$15.77
Cantidad de hectareas (ha)	2,000

IVA Compra	21.00%
IVA Venta	10.50%

(Dosis Variable Optima AP - Dosis Agronómica Uniforme Zonal AT)

Año	1			2				3				4				5				6	
	Trimestre			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
	II	III	IV	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACTIVOS FIJOS																					
Equipos de AP	(24,000)																				
Relevamientos y ensayos	(2,833)																				
Servicios profesionales implementación	(1,840)																				
Personal de apoyo implementación	(688)																				
CAPITAL DE TRABAJO																					
Crédito IVA	(6,166)	(168)	0	(63)	(210)	(168)	0	(63)	(210)	(168)	0	(63)	(210)	(168)	0	(63)	(210)	(168)	0	(63)	(210)
Débito IVA					3,312				3,312				865				441				441
INGRESOS Y EGRESOS OPERATIVOS																					
Contribución marginal					31,540				31,540				31,540				31,540				31,540
Señal corrección DGPS		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)	
Servicios Ing. Agrónomo		(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)
Ensayos anuales					(500)				(500)				(500)				(500)				(500)
ESTADO DE RESULTADOS																					
Contribución marginal		0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540
Amortización Sistema AP		(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)	(1,468)
Señal corrección DGPS		(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0
Servicios Ing. Agrónomo		(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)
Ensayos anuales		0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)
Resultado Neto					23,568				23,568				23,568				23,568				23,568
IMPUESTOS																					
35% Ganancias					(8,249)				(8,249)				(8,367)				(8,249)				(8,249)
FLUJO DE FONDOS																					
Neto	(35,527)	(968)	0	(363)	25,393	(968)	0	(363)	25,393	(968)	0	(363)	22,829	(968)	0	(363)	22,522	(968)	0	(363)	22,522
Descontado	(35,527)	(935)	0	(327)	22,109	(814)	0	(285)	19,249	(709)	0	(248)	15,067	(617)	0	(216)	12,942	(537)	0	(188)	11,268

VAN	40,231
TIR	57.30%
Máxima exposición	(36,858)
Periodo de repago	2.5 años

Periodo 3
10 trimestres

Anexo 4

Anexo 4 - Presupuesto de Inversión Sistema AP. Explotación "El Piquete" - Caso Unidad Operativa					
Nº	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
1	Equipos de recolección de datos				
	<i>No corresponde</i>				
2	Equipos de aplicación de recomendaciones				
	<i>No corresponde</i>				
3	Equipos de almacenamiento y procesamiento de datos				
	Sistema GIS para agricultura: <i>Sistema GIS Arc View 3,2a</i>		1	\$1,800	\$1,800
	Software para estudiar el comportamiento del cultivo <i>Programa SpacStat</i>		1	\$2,100	\$2,100
	Hardware para manejo de datos <i>Tarjeta de memoria SRAM PCMCIA Centennial de 1 MB</i>		2	\$150	\$300
	<i>Lector de tarjetas de memoria externo</i>		1	\$270	\$270
4	Relevamientos y ensayos				
	Relevamientos topográficos <i>Planialtimetría</i>	ha.	2,000	\$1.3	\$2,667
	Análisis fotos aéreas o satelitales <i>Compra de fotos</i>	un.	1	\$167	\$167
	Desarrollo de modelos econométricos <i>Incluido en las funciones del Ing. Agrónomo</i>				
5	Servicios profesionales y personal de apoyo para implementación sistema				
	Servicios profesionales <i>Honorarios Ingeniero Agrónomo especialista en AP</i>	hs.	160	\$9	\$1,440
	<i>Gastos de oficina y movilidad</i>	gl.	1	\$400	\$400
	Personal de apoyo <i>Personal de apoyo (carga de datos, manejo de equipos, etc.)</i>	hs.	80	\$5	\$400
	<i>Capacitación al personal operativo (maquinistas, capataz, etc.)</i>	hs.	96	\$3	\$288
Total					\$9,831

Anexo 4 - Presupuesto de Gastos Sistema AP. Explotación "El Piquete" - Caso Unidad Operativa					
Nº	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
	<i>Ensayos anuales sobre el campo</i>	un.	1	\$500	\$500
	<i>Servicios Ing. Agrónomo (abono trimestral)</i>	un.	2	\$500	\$1,000
Total					\$1,500

Anexo 4 - Evaluación Económica de un Proyecto de AP - Explotación "El Piquete" - Unidad Operativa

Costo Capital Propio (TNA)	17.74%
Costo Deuda (TNA)	12.50%
D/A	0.30
Impuesto a las Ganancias	35%
WACCat (TNA)	14.86%
WACCat (TET)	3.52%
Contrib. marginal Incremental (u\$/ha)	\$15.77
Servicio Fertilización Variable (u\$/ha)	\$2.00
Servicio Monitor Rendimiento (u\$/ha)	\$2.00
Cantidad de hectareas (ha)	2,000

IVA Compra	21.00%
IVA Venta	10.50%

(Dosis Variable Optima AP - Dosis Agronómica Uniforme Zonal AT)

Año	1			2				3				4				5				6	
Trimestre	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACTIVOS FIJOS																					
Equipos de AP	(4,470)																				
Relevamientos y ensayos	(2,833)																				
Servicios profesionales implementación	(1,840)																				
Personal de apoyo implementación	(688)																				
CAPITAL DE TRABAJO																					
Crédito IVA	(2,065)	(105)	(840)	0	(1,050)	(105)	(840)	0	(1,050)	(105)	(840)	0	(1,050)	(105)	(840)	0	(1,050)	(105)	(840)	0	(1,050)
Débito IVA					3,312				2,743				1,995				1,995				1,995
INGRESOS Y EGRESOS OPERATIVOS																					
Contribución marginal					31,540				31,540				31,540				31,540				31,540
Servicio Fertilización Variable			(4,000)				(4,000)				(4,000)				(4,000)				(4,000)		
Servicio Monitoreo Rendimiento					(4,000)				(4,000)				(4,000)				(4,000)				(4,000)
Servicios Ing. Agrónomo		(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)	(500)			(500)
Ensayos anuales					(500)				(500)				(500)				(500)				(500)
ESTADO DE RESULTADOS																					
Contribución marginal		0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540	0	0	0	31,540
Amortización Sistema AP		(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)	(492)
Servicio Fertilización Variable		0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0
Servicio Monitoreo Rendimiento		0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)	0	0	0	(4,000)
Servicios Ing. Agrónomo		(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)	(500)	0	0	(500)
Ensayos anuales		0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)	0	0	0	(500)
Resultado Neto					20,074				20,074				20,074				20,074				20,074
IMPUESTOS																					
35% Ganancias					(7,026)				(7,026)				(7,126)				(7,026)				(7,026)
FLUJO DE FONDOS																					
Neto	(11,896)	(605)	(4,840)	0	21,776	(605)	(4,840)	0	21,207	(605)	(4,840)	0	20,359	(605)	(4,840)	0	20,459	(605)	(4,840)	0	20,459
Descontado	(11,896)	(584)	(4,516)	0	18,959	(509)	(3,932)	0	16,076	(443)	(3,423)	0	13,437	(386)	(2,981)	0	11,757	(336)	(2,595)	0	10,236

VAN	38,864
TIR	108.95%
Máxima exposición	(17,341)
Periodo de repago	1 año

Periodo 3
4 trimestres

Nota: Valores monetarios expresados en dólares estadounidenses

Anexo 5

Anexo 5 - Presupuesto de Inversión Sistema AP. Explotación "El Piquete" - Caso Unidad Servicios					
N°	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
1	Equipos de recolección de datos				
	Equipo DGPS <i>Posicionador satelital DGPS Csi GBX 12</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$2,800</i>	<i>\$2,800</i>
	Monitor de rendimiento <i>Consola Ag Leader PF 3000</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$3,000</i>	<i>\$3,000</i>
	<i>Kit p/ monitoreo (sensores, cableado, etc.)</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$3,700</i>	<i>\$3,700</i>
	<i>Instalación</i>	<i>un.</i>	<i>1</i>	<i>\$300</i>	<i>\$300</i>
2	Equipos de aplicación de recomendaciones				
	Kit de fertilización variable <i>Monitor fertilización</i>		<i>1</i>	<i>\$2,150</i>	<i>\$2,150</i>
	<i>Motor Accu-Rate:</i>		<i>1</i>	<i>\$3,690</i>	<i>\$3,690</i>
	<i>Consola Accu-Rate:</i>		<i>1</i>	<i>\$1,290</i>	<i>\$1,290</i>
	<i>Radar:</i>		<i>1</i>	<i>\$600</i>	<i>\$600</i>
	<i>VRT</i>		<i>1</i>	<i>\$1,200</i>	<i>\$1,200</i>
	<i>Instalación</i>		<i>1</i>	<i>\$800</i>	<i>\$800</i>
3	Equipos de almacenamiento y procesamiento de datos				
	Hardware para manejo de datos <i>Tarjeta de memoria SRAM PCMCIA Centennial de 1 MB</i>		<i>2</i>	<i>\$150</i>	<i>\$300</i>
	<i>Lector de tarjetas de memoria externo</i>		<i>1</i>	<i>\$270</i>	<i>\$270</i>
4	Relevamientos y ensayos				
	<i>No corresponde</i>				
5	Servicios profesionales y personal de apoyo para implementación sistema				
	<i>No corresponde</i>				
Total					\$20,100

Anexo 5 - Presupuesto de Gastos Sistema AP. Explotación "El Piquete" - Caso Unidad Servicios					
N°	DESIGNACION DE ITEMS	Unidad	Cant.	Precio Unitario	Importe Total
	<i>Abono semestral a señal de corrección Beacon MSK</i>	<i>un.</i>	<i>2</i>	<i>\$300</i>	<i>\$600</i>
Total					\$600

Anexo 5: Evaluación Económica de un Proyecto de AP - Explotación "El Piquete" - Unidad de Servicios

Costo Capital Propio (TNA)	17.74%
Costo Deuda (TNA)	12.50%
D/A	0.30
Impuesto a las Ganancias	35%
WACCat (TNA)	14.86%
WACCat (TET)	3.52%
Servicio Fertilización Variable (u\$/ha)	\$2.00
Servicio Monitor Rendimiento (u\$/ha)	\$2.00
Cantidad de hectareas (ha)	2,000

IVA Compra	21.00%
IVA Venta	21.00%

Año	1			2				3				4				5				6	
	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Trimestre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACTIVOS FIJOS																					
Equipos de AP	(20,100)																				
Relevamientos y ensayos	0																				
Servicios profesionales implementación	0																				
Personal de apoyo implementación	0																				
CAPITAL DE TRABAJO																					
Crédito IVA	(4,221)	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0	(63)	0
Débito IVA		0	840	0	840	0	840	0	840	0	840	0	399	0	63	0	63	0	63	0	63
INGRESOS Y EGRESOS OPERATIVOS																					
Servicio Fertilización Variable			4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000		4,000
Servicio Monitoreo Rendimiento					4,000				4,000				4,000				4,000				4,000
Señal corrección DGPS		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)		(300)	
ESTADO DE RESULTADOS																					
Servicio Fertilización Variable		0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0
Servicio Monitoreo Rendimiento		0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000	0	0	0	4,000
Amortización Sistema AP		(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)	(1,005)
Señal corrección DGPS		(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0	(300)	0
Resultado Neto					3,380				3,380				3,380				3,380				3,380
IMPUESTOS																					
35% Ganancias					(1,183)				(1,183)				(1,200)				(1,183)				(1,183)
FLUJO DE FONDOS																					
Neto	(24,321)	(363)	4,840	(363)	3,657	(363)	4,840	(363)	3,657	(363)	4,840	(363)	3,199	(363)	4,063	(363)	2,880	(363)	4,063	(363)	2,880
Descontado	(24,321)	(351)	4,516	(327)	3,184	(305)	3,932	(285)	2,772	(266)	3,423	(248)	2,111	(231)	2,502	(216)	1,655	(201)	2,179	(188)	1,441

VAN	776
TIR	16.43%
Máxima exposición	(24,684)
Periodo de repago	3,5 años

Periodo 1
14 trimestres

Nota: Valores monetarios expresados en dólares estadounidenses