



**Maestría en Economía**  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad Nacional de La Plata

# **Jerarquías múltiples. Una aproximación a través de los incentivos económicos**

Juan Sebastián Ivars

Tesis de Maestría  
Maestría en Economía  
Universidad Nacional de La Plata

Director de Tesis: Joaquín Coleff  
Codirector de Tesis: Walter Cont

Fecha de defensa: 07/08/2018

Códigos JEL: C70, D23, L22

# Jerarquías múltiples. Una aproximación a través de los incentivos económicos.\*

Juan Sebastián Ivars\*\*

July 2018

## Abstract

The main aim of this paper is to analyze the internal organization of a firm that comprises an Owner, a CEO, and two agents. The two main inputs of my model are externalities among divisions' projects that may require coordination and costly effort from the CEO and the two division managers. We focus on understanding the existence of more than two layers (i.e., three layers called hierarchical delegation) of decision authority in hierarchical organizations. Hierarchical delegation may arise as the best response to the moral hazard behavior of the CEO. As the CEO cannot commit herself to choose a cooperative decision, the most convenient decision for the firm may be to give a decision right to an agent willing to choose a cooperative decision, generating an additional layer in the organization. The main contribution of this paper is to identify conditions that lead hierarchical delegation as optimal under an incentive perspective, but also to find the driving force of this result.

JEL Classification: C70, D23, L22.

Keywords: decision rights, centralization, moral hazard, hierarchies, incentives.

## Resumen

El objetivo principal de este documento es analizar la organización interna de una empresa que consta de un propietario, un CEO y dos agentes. Los dos principales ingredientes del modelo son externalidades entre proyectos de divisiones que pueden requerir coordinación y esfuerzos costosos por parte del CEO y dos agentes. El artículo se enfoca en comprender la existencia de más de dos capas (es decir, tres capas llamadas delegación jerárquica) de autoridad de decisión en organizaciones jerárquicas. La delegación jerárquica puede surgir como la mejor respuesta al comportamiento de riesgo moral del CEO. Como el CEO no puede comprometerse a elegir una decisión cooperativa, la decisión más conveniente para la empresa puede ser la de otorgarle una decisión a un agente dispuesto a elegir una decisión cooperativa, generando una capa adicional en la organización. La principal contribución de este trabajo es identificar las condiciones desde los incentivos económicos bajo los cuales delegación jerárquica es óptima, pero también para encontrar el determinante de este resultado.

Clasificación JEL: C70, D23, L22.

Palabras claves: derechos de decisión, centralización, riesgo moral, jerarquías, incentivos.

---

\*Directores: Ph.D. Joaquin Coleff and Ph.D Walter Cont.

\*\*jsivars@gmail.com

## Introducción

Las jerarquías son ubicuas en las corporaciones modernas. A partir de la expansión de las actividades organizacionales y de los problemas de sobrecarga gerencial, la estructura jerárquica evolucionó hacia una organización multidivisional o multidepartamental (*M-form*) (Williamson, 1981). La principal ventaja de una organización de tipo *M* es su escala y alcance (Chandler, 1990) que podrían lograrse a través de la creación de jerarquías organizativas empinadas (Rajan y Zingales, 2001). En las organizaciones multidepartamentales, las sedes centrales toman decisiones estratégicas, mientras que las decisiones operativas son delegadas a las filiales. Sin embargo, una conclusión general de la literatura es que la centralización domina a las jerarquías a menos que existan elementos distintivos que impidan el buen funcionamiento de las organizaciones centralizadas. Por lo tanto, es importante saber por qué hay jerarquías y en qué circunstancias funcionan mejor que otras formas alternativas de organización.

Este artículo ofrece una perspectiva de incentivos para el estudio de las jerarquías. Más específicamente, se concentra en jerarquías de múltiples capas en lugar de jerarquías de dos capas. Es decir, el trabajo se focaliza en la comprensión de la existencia de más de dos capas de decisión de autoridad en delegación jerárquica con el objetivo de encontrar el balance correcto entre la coordinación de los proyectos y la motivación de los agentes a realizar esfuerzo. En este artículo se utiliza un entorno similar al de Choe e Ishiguro (2011), una organización con dos divisiones donde cada una de ellas tiene un proyecto, llamado A y B. Hay cuatro partes relevantes, el Propietario, un CEO (que trabaja en ambos proyectos) y dos Agentes (llamados A y B que trabajan respectivamente en cada proyecto). Este entorno comprende incentivos al esfuerzo, asignación de derechos de decisión y externalidades entre divisiones. La manera en la cual los derechos de decisión son asignados determina diferentes estructuras organizacionales. Sin embargo, ni la delegación de los derechos de decisión, ni los incentivos económicos, tanto juntos como separados, pueden explicar la existencia de la delegación jerárquica, por lo tanto, las externalidades (que representan los beneficios de la coordinación entre divisiones) son muy importantes para comprender las jerarquías. El *trade off* que enfrenta la firma implica los retornos relativos de la coordinación sobre la motivación y la relación entre la productividad relativa del CEO respecto de la productividad relativa de los agentes.

Dado que hay diferentes elementos que interactúan entre sí y que determinan los resultados, es importante tener puntos de referencia para compararlos. En consecuencia, se desarrollan dos casos de referencia; primero, un planificador social utilitarista que maximiza una función de bienestar y segundo, una referencia *benchmark* en la cual el propietario elige una estructura organizacional con decisiones supervisadas (cada parte toma la decisión conveniente para la organización) sujeta a esfuerzos restringidos. En el primer caso, cuando los retornos de externalidades son mayores que los efectos motivacionales, el planificador social claramente implementa decisiones cooperativas; en tanto que toma decisiones promotoras del esfuerzo en otro caso. Además, sus decisiones no dependen de la relación de productividad del CEO y los agentes porque no se implementa una estructura organizacional particular. Por otro lado, en el segundo caso (*benchmark*) el propietario asigna derechos de decisión y cada parte se compromete a tomar la decisión sugerida por el propietario. En este entorno hay situaciones en las cuales la cooperación brinda más beneficios que la motivación para la firma, aunque se toman decisiones egoístas que priorizan la motivación. Dada la inobservabilidad en los esfuerzos, existe un problema de riesgo moral en esfuerzo que requiere más retornos relativos de la cooperación sobre la motivación que en un entorno de *first best* para cambiar de decisiones cooperativas a decisiones egoístas. No obstante, los resultados son similares a

los de first best y son consecuentes con los resultados de la literatura; es decir, cuando los beneficios de la coordinación son lo suficientemente más grandes que los beneficios de la motivación se toman decisiones cooperativas y viceversa. Además, el benchmark muestra que cuando el CEO es más productivo que los agentes, la centralización es la mejor estructura organizacional. Por otra parte, cuando los agentes son más productivos que el CEO, otras formas de delegación (descentralización o autoridad cruzada) son las mejores. Por lo tanto, en este caso delegación jerárquica no es mejor que otros diseños organizacionales.

Cuando se considera el entorno del modelo se obtienen nuevos resultados. Como fuera mencionado previamente, se considera un modelo en el cual el propietario asigna derechos de decisión y no puede controlar la decisión tomada por el individuo a cargo. Como consecuencia, cada parte (la CEO y los agentes A y B) eligen la decisión más conveniente para su propia utilidad. Cuando la CEO es menos productiva que los agentes, los resultados de benchmark y del modelo se mantienen iguales. Sin embargo, cuando la CEO es más productiva que los agentes existe una diferencia, recuerde que en benchmark la centralización es siempre preferida (combinada con decisiones cooperativas cuando los retornos a la cooperación son lo suficientemente altos, y con decisiones egoístas en caso contrario). Dado que cada agente y la CEO forman un equipo dentro de cada proyecto y la CEO es quien decide, ella puede apropiarse de parte de los beneficios del esfuerzo de los agentes, por lo que es capaz de tomar dos decisiones egoístas aun cuando los beneficios relativos de la cooperación sobre la motivación son más altos (y las decisiones cooperativas son preferidas para la organización). En consecuencia, el propietario puede anticipar esa estrategia de la CEO y asignarle un derecho de decisión a un agente deseoso de cooperar. Luego, la estructura de delegación jerárquica aparece con una decisión egoísta en un proyecto y una decisión cooperativa en el otro, como resultado de una falta de compromiso de la CEO y como una respuesta de “*second best*” al comportamiento estratégico de ella.

Este resultado es interesante por dos razones, primero porque refleja algunos ejemplos empíricos, como la reestructuración de Sony en 2009. En el corazón de la reorganización está la formación de dos nuevos grupos empresariales. El *Networked Products & Services Group* (NPSG) está basado en productos multimedia en red, incluyendo entretenimiento, computadoras personales, reproductores de música, nuevos productos móviles, software y servicios informáticos, mientras que el *New Consumer Products Group* (NCPG) abarca televisores, cámaras, y componentes. Lo interesante de esta reestructuración es la manera en que Sony intenta equilibrar la coordinación y los incentivos dentro del NPSG. El presidente de NPSG (que solía ser el presidente de Sony Computer Entertainment, y que actualmente se encuentra dentro de NPSG) ha sido nombrado vicepresidente de Sony Corporation. Es decir, será el vicepresidente de Sony mientras es el presidente de NPSG. Esto se puede interpretar como un ejemplo de delegación jerárquica. De hecho, el comunicado de prensa de Sony enfatiza que esta reforma expandirá la innovación a lo largo de la organización. De acuerdo con los resultados, la delegación jerárquica será óptima en la coordinación de actividades dentro del NPSG a la vez que proporciona incentivos a su división de entretenimiento sin diluir los incentivos en la casa matriz<sup>1</sup>.

La segunda razón es que el resultado contribuye al estudio de las jerarquías a través de incentivos económicos. Tradicionalmente, la literatura de incentivos considera principalmente jerarquías de dos

---

<sup>1</sup>“Consumers want products that are networked, multi-functional and service-enhanced utilizing open technologies, and user experiences that are rich, shared and, increasingly, green” ... “This reorganization is designed to transform Sony into a more innovative, integrated and agile global company with its next generation of leadership firmly in place. The changes we’re announcing today will accelerate the transformation of the Company that began four years ago. They will now make it possible for all of Sony’s parts to work together to assume a position of worldwide leadership and, together, achieve great things” Sony Corporation Announces Major Reorganization and New Management Team Led by Howard Stringer, February 27, 2009.

capas y no se menciona mucho respecto de las jerarquías con más de dos capas. En consecuencia, la perspectiva de solución de problemas o de análisis comunicacionales de las jerarquías son la explicación consolidada de las jerarquías múltiples en las empresas. En ese sentido, este análisis contribuye a explicar las jerarquías múltiples como un problema de riesgo moral que también difiere considerablemente de Choe e Ishiguro (2011) quienes muestran que la delegación jerárquica es un óptimo *in situ*.

En este trabajo, se considera un esquema fijo de pagos. Luego, se hace un análisis de estática comparativa en el cual se consideran diferentes valores para los incentivos a la motivación y la delegación que muestran como el mapa de optimalidad reacciona ante cambios de los valores de los parámetros. Así, se muestra que cuando los incentivos a la motivación (porcentaje de los beneficios en retorno de hacer esfuerzos) se incrementan, el espacio de optimalidad de la delegación jerárquica crece y cuando los incentivos a la delegación (porcentaje de los beneficios en retorno a la toma de decisión) aumentan, este espacio disminuye sin desaparecer.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: la Sección II presenta una revisión de la literatura. La Sección III establece el modelo, el problema *first best* y *benchmark*. La Sección IV identifica diferentes estructuras organizacionales. La Sección V analiza las estructuras organizacionales óptimas bajo los entornos de *benchmark* y del modelo. La Sección VI muestra un análisis de estática comparativa para los parámetros del esquema de pago. Finalmente, la Sección VII presenta las conclusiones.

## Revisión de la literatura

Existen diferentes maneras de analizar la empresa desde una perspectiva económica. Alfred Chandler (1962 y 1977, [1993, 1990]) y Oliver Williamson (1967, 1981) desarrollaron contribuciones novedosas que posteriormente se convirtieron en la literatura del diseño organizacional y los límites de la firma. Particularmente, se realiza una revisión de la literatura económica que toma en cuenta el diseño organizacional de la firma y la integración vertical con el objetivo de comprender las razones por las cuales las jerarquías múltiples se consideran importantes.

Inicialmente, los límites de la firma y el análisis de integración vertical comenzaron a crecer después del artículo seminal de Ronald Coase en 1937 y la contribución posterior de Williamson (1975). Ambos consideraron que la empresa comprende una forma diferente de asignar recursos respecto del mecanismo de precios de mercado. La asignación de recursos en una empresa es el resultado de la decisión de un agente que se encuentra en una posición específica en la organización. Este agente no sólo toma decisiones con respecto a sus propias tareas, sino también considerando las tareas a cargo de otras personas<sup>2</sup>. Debido a que las transacciones de mercado tienen costos y la organización interna de las empresas (como consecuencia de las jerarquías) puede minimizar esos costos, llamados "costos de transacción", este mecanismo intra-firma reemplaza el mecanismo de precios de mercado. Por lo tanto, los límites de las firmas aparecen cuando los costos organizacionales son marginalmente más altos que los costos de transacción en los mercados. Estos efectos de coordinación son considerados en el análisis de este trabajo a través de externalidades sobre proyectos dentro de la organización.

En los años siguientes, Grossman y Hart (1986) formalizan las contribuciones de Coase y Williamson en un modelo que analiza los principales determinantes de la integración vertical y horizontal. Su teoría de contratos costosos enfatiza que los derechos contractuales pueden ser derechos

---

<sup>2</sup>"If a workman moves from department Y to department X, he does not go because of a change in relative prices, but because he is ordered to do so" (Coase, 1937; p. 387).

específicos o residuales. Cuando es costoso enumerar todos los derechos específicos sobre los activos en el contrato puede ser óptimo dejar que una parte compre todos los derechos residuales. La propiedad es la compra de estos derechos residuales. Sus principales resultados tienen su origen en dos conceptos claves, propiedad de activos específicos y la de incompletitud de los contratos. Una empresa compra o toma el control de otra cuando el control de la primera aumenta su productividad en una cuantía mayor que la disminución de la productividad de la administración de la otra, dada la pérdida de control.

Tradicionalmente, la literatura considera dos tipos diferentes de jerarquías, las simples o de “dos capas” y las “jerarquías múltiples”. Las jerarquías simples son aquellas en las que los derechos de decisión se asignan en la cumbre o en la base de la organización, mientras que las jerarquías múltiples son aquellas en las que pueden existir diferentes dimensiones de toma de decisión, por lo que los derechos de decisión se ubican en diferentes capas de la organización. En las organizaciones las jerarquías tienen diferentes orígenes. En primer lugar, un análisis de costo-beneficio sobre la implementación del diseño organizacional a través de una perspectiva de incentivos. En segundo lugar, un análisis de los problemas de comunicación en las empresas. Finalmente, límites cognitivos y capacidades heterogéneas de los individuos para resolver problemas. Así, la descentralización implica diferentes problemas a los que se enfrentan agentes heterogéneos, por lo tanto, el diseño organizacional óptimo aparece cuando hay un emparejamiento perfecto entre tareas y agentes. Las principales contribuciones a este tipo de teorías están resumidas en Garicano y Van Zandt (2013).

La noción de jerarquías múltiples, o de múltiples capas, a través de una perspectiva de resolución de problemas está estrechamente relacionada con la complejidad y la racionalidad limitada. Knight (1921) fue uno de los primeros autores en destacar el papel del empresario en estas circunstancias. El gerente puede aparecer como un agente económico capaz de minimizar la incertidumbre en el proceso de toma de decisión mientras coordina diferentes tareas entre los individuos teniendo en cuenta las dificultades de estas tareas y las habilidades del personal. Posteriormente, otros autores han estudiado la noción de estas jerarquías como jerarquías basadas en el conocimiento. Rajan y Zingales (2001) muestran la forma en que una estructura jerárquica implica interacciones individuales dentro de la firma. Por su parte, Hart y Moore (2005) plantean una perspectiva de jerarquías de resolución de problemas distinguiendo entre tareas generales y especializadas, en las que los agentes en la cumbre de la organización se encargan de las tareas generales y los que están en la base de la organización se ocupan de las tareas especializadas. Garicano y Van Zandt (2012) resumen diversos artículos que se centran en los beneficios de la especialización dentro de la organización y en la asignación óptima de conocimiento para cada tarea en la organización. Particularmente, a través de este análisis las jerarquías son esenciales para beneficiarse de las ventajas comparativas debido a la división del trabajo, lo que en realidad implica conocimiento específico para cada tarea.

Dessein (2002) considera el problema de la comunicación en las jerarquías y muestra bajo qué condiciones la delegación a una capa intermedia puede ser óptima. Alonso et al. (2008) y Rantakari (2008) también consideran la comunicación en las organizaciones y se focalizan en el *trade-off* fundamental entre adaptación y coordinación. Por un lado, las divisiones deben adaptarse a condiciones locales para ser efectivas. Por otro lado, el alto rendimiento de la empresa requiere una adecuada coordinación de las actividades en las divisiones, que a la vez puede apartar el rendimiento de esa organización de la mejor adaptación. Alonso et al. (2008) y Rantakari (2008) analizan las condiciones para la descentralización o la centralización como una mejor solución dado este *trade-off*. Bajo descentralización, los jefes de división se comunican directamente entre sí y luego deciden por sus divisiones, mientras que bajo centralización, los jefes de cada área se

comunican con el CEO quien decide para las dos divisiones.

En este documento, se consideran las jerarquías con una perspectiva de incentivos con un entorno de Principal-Agente. Como consecuencia, se revisa este tipo de literatura en profundidad, aunque se puede encontrar una revisión detallada de estos tópicos en Gibbons y Roberts (2013) y Mookherjee (2006). Existen diferentes variaciones de los modelos de Principal-Agente y algunos de ellos tienen características importantes para el análisis de las jerarquías, la delegación es una de ellas. La delegación se basa principalmente en Aghion y Tirole (1997), quienes establecen que el diseño organizacional y, particularmente, la asignación de los derechos de decisión (la autoridad) es un problema informativo. La autoridad formal implica el derecho a decidir, mientras que la autoridad real implica el control para decidir. Desde su punto de vista, la persona que tomará la decisión es el agente con la mayor cantidad de información, independientemente de la autoridad formal. Como consecuencia, cuando los agentes con mayor información se encuentran en la base de la jerarquía, debido a la especialización, los derechos de decisión deberían ser asignados allí y aparece la descentralización. Por su parte, Baker et al. (1999) explican que la delegación es bastante difícil de implementar porque existe una falta de compromiso en los agentes superiores de la jerarquía que tienen la autoridad formal.

Otro aspecto importante en la literatura de incentivos asociada con la de jerarquías, es la organización de equipos. Existen actividades esenciales en una empresa en las que un grupo de personas necesita interactuar para lograr un objetivo, especialmente cuando las tareas permanecen indivisibles. Este análisis se centra principalmente en el documento fundacional de Holmström y Milgrom (1991), Alchian y Demsetz (1972) y Holmström (1982).

Dado que las jerarquías son omnipresentes en las empresas, es interesante analizar los principales determinantes que las hacen aparecer y por qué podrían ser más eficientes que otras jerarquías de dos capas, más desarrolladas. Por lo tanto, Choe e Ishiguro (2011) establecen un modelo a través del análisis de Principal-Agente con contratos incompletos y externalidades entre divisiones. En este modelo, estudian la organización interna de la empresa en una organización compuesta por cuatro partes relevantes, un Propietario, un CEO y dos gerentes divisionales. El propietario solo decide la estructura organizacional, mientras que el CEO y los gerentes divisionales están a cargo de dos proyectos. El CEO realiza un esfuerzo general y cada agente hace un esfuerzo específico para cada proyecto. Así, los beneficios esperados de cada proyecto están compuestos por un pago intrínseco a cada proyecto y una externalidad del otro proyecto. Los dos ingredientes claves de su modelo son las externalidades entre los proyectos de ambas divisiones que pueden requerir coordinación e incentivos al esfuerzo para el CEO y los dos gerentes divisionales. Dependiendo de cómo se asigna la autoridad de decisión sobre cada proyecto, se comparan varias estructuras organizacionales: la centralización, diferentes formas de delegación –parcial y completa– y la delegación jerárquica. Los autores identifican condiciones bajo las cuales se pueden comparar las diferentes estructuras organizacionales.

Kräkel (2017) considera el mismo entorno que Choe e Ishiguro (2011). Este artículo está estrechamente relacionado con Choe e Ishiguro (2011) y tiene en cuenta la existencia de externalidades entre divisiones. Sin embargo, Kräkel (2017) deja de lado el supuesto de contratos incompletos y asume que el propietario puede crear incentivos monetarios al esfuerzo y asignar decisiones de autoridad sobre las divisiones. El autor caracteriza cómo las externalidades y los beneficios del control determinan la organización óptima de la empresa. La introducción de incentivos endógenos cambia las principales contribuciones de Choe e Ishiguro (2011) descartando la delegación jerárquica como óptima.

Este artículo se focaliza en comprender la existencia de más de dos capas de decisión de auto-

ridad en organizaciones jerárquicas, con el propósito de encontrar el equilibrio adecuado entre la coordinación de las decisiones en los proyectos y la motivación de los agentes a realizar esfuerzos. Dependiendo de cómo se asigna la autoridad de decisión sobre cada proyecto, pueden aparecer estructuras organizacionales alternativas. A diferencia de Kräkel (2017), se mantiene el supuesto de contratos incompletos y se propone una secuencialidad diferente que permite identificar condiciones distintas de las de Choe e Ishiguro (2011) bajo la cual delegación jerárquica aparece como resultado de una falta de compromiso del CEO y como una respuesta de “*second best*” a su comportamiento estratégico. Es decir, se identifican mecanismos de incentivos que convierten a la delegación jerárquica es una estructura organizacional óptima.

## Modelo

En esta sección se presenta el modelo. En la configuración del mismo se describen las personas que componen la organización y la forma en que interactúan entre sí, las actividades productivas desarrolladas en la organización relacionada con la toma de decisiones y cómo esta toma de decisiones conduce a diferentes estructuras organizacionales, la secuencialidad y el problema de maximización del modelo. Después de eso, se explican los dos puntos de referencia, el caso de *first best* y el caso de *benchmark*.

## Entorno

Se considera un entorno similar al de Choe e Ishiguro (2011), una organización con dos divisiones donde cada división tiene un proyecto, A y B. Hay cuatro partes relevantes, el Propietario, la CEO y dos Agentes (A y B)<sup>3</sup>. El propietario puede ser considerado como un accionista representativo que está interesado en maximizar los beneficios netos de toda la organización. Por el contrario, los otros miembros de la organización perciben beneficios monetarios de los proyectos a través de su propia utilidad.

Cada proyecto puede o no ser exitoso, y la probabilidad de éxito de cada uno de ellos depende del esfuerzo del agente involucrado en el mismo y del CEO. Dada la elección del esfuerzo  $e := (e_A, e_B, e_M)$ , cada proyecto tiene éxito con probabilidad  $P_j = P(e_M, e_j) \in (0, 1)$ . Tenga en cuenta que el esfuerzo del CEO indicado por  $e_M \in [0, 1]$  tiene un impacto en ambos proyectos. Este esfuerzo tiene un costo asociado dado por  $g(e_M) = \frac{1}{2k} e_M^2$ , donde  $k > 0$ . Por otro lado, cada agente A y B puede ser considerado como un “especialista” cuyo esfuerzo afecta solo a su propio proyecto  $j$ , donde  $j = A, B$ . El nivel de esfuerzo elegido por el agente  $j$  denotado por  $e_j \in [0, 1]$  tiene una función de costo cuadrática denotada por  $c(e_j) = \frac{1}{2c} e_j^2$ , donde  $c > 0$ .

Un proyecto exitoso tiene un impacto en ambos proyectos aunque la intensidad depende de la decisión tomada. Por ejemplo, un proyecto puede priorizar sus propios beneficios o los derrames sobre el otro proyecto. Para simplificar, se supone que hay dos tipos de decisiones posibles para cada proyecto: una “egoísta” (*selfish*) que tiene un impacto más fuerte en sus propios beneficios o una “cooperativa” que genera más derrames. Las decisiones son denotadas por  $d_j$  donde  $d_j \in \{S, C\} \cup \emptyset$ ,  $j = A, B$  para cada proyecto A y B. Se denota el beneficio intrínseco o propio para un proyecto como  $h$  y el derrame o el retorno cooperativo como  $q$ . Como fuera mencionado, el ingreso cierto de un proyecto exitoso tiene dos partes que dependen de la decisión tomada, su propio beneficio denotado por  $h(d_j)$  con  $j = A, B$  y un beneficio externo o cooperativo  $q(d_{j'})$  con

<sup>3</sup>En este artículo se utiliza los términos manager (gerente) y CEO como sinónimos, por lo tanto, todo aquello referido a sus actividades se simboliza con la letra  $M$

$j' = A, B$ . Por lo tanto, una función de ingreso cierto de un proyecto exitoso A (y de manera similar para B) es:

$$\pi_A(d_A, d_B) = h(d_A) + q(d_B) \quad , \quad \pi_B(d_A, d_B) = h(d_B) + q(d_A). \quad (1)$$

Los beneficios esperados de cada proyecto dependen de los esfuerzos y de los tipos de decisiones tomadas. Los beneficios esperados están compuestos por los ingresos mencionados y la probabilidad de éxito. Dado un par de decisiones  $d := (d_A, d_B)$  y la elección de esfuerzo  $e := (e_A, e_B, e_M)$ , los beneficios esperados del proyecto A y B son:

$$E(\pi_A|d, e) = P_A h(d_A) + P_B q(d_B) \quad , \quad E(\pi_B|d, e) = P_B h(d_B) + P_A q(d_A). \quad (2)$$

Se supone que el esquema de pago es exógeno, cada individuo que ejerce un esfuerzo recibe un porcentaje  $\alpha > 0$  del beneficio realizado. El individuo a cargo de tomar una decisión recibe un porcentaje  $\lambda > 0$  de la ganancia realizada. Hasta ahora, una parte de  $2\alpha + \lambda$  se asigna a los agentes y a la CEO. El remanente queda a disposición del propietario, pero se simplificará considerando  $2\alpha + \lambda = 1$ .<sup>4</sup>

La única variable posible de circunscribir en un contrato es la decisión sobre un proyecto, que define la estructura de la organización y el número de capas de la jerarquía. Se describe una asignación de derechos de decisión para el proyecto  $j$  por  $Y_j := \{X_{Mj}, X_{Aj}, X_{Bj}\} \subset \{0, 1\}^3$  donde  $j = A, B$ . Por ejemplo, si  $(X_{MA}, X_{AA}, X_{BA}) = (1, 0, 0)$  la CEO está a cargo de tomar decisiones en el proyecto A; si  $(X_{MA}, X_{AA}, X_{BA}) = (0, 1, 0)$  el agente A está a cargo de tomar decisiones en el proyecto A; finalmente, si  $(X_{MA}, X_{AA}, X_{BA}) = (0, 0, 1)$  el agente B está a cargo de tomar decisiones en el proyecto A. Sea  $\mathcal{Y}$  el conjunto que define la estructura organizacional que comprende la asignación de derechos de decisión sobre ambos proyectos. Dado que hay dos derechos de decisión, uno para cada proyecto, que se asignan a tres partes, hay nueve estructuras organizacionales posibles dependiendo de la asignación de la autoridad de decisión, por lo tanto,  $\#\mathcal{Y} = Y_A \times Y_B = 9$ .  $\mathcal{Y}$  es la única variable que el propietario decide para maximizar el beneficio total de la firma.

A continuación, se explican las funciones de utilidad de la manager y los agentes. Primero, la función de utilidad de la manager es:

$$U_M(d, e) = \alpha \left( E(\pi_A|d, e) + E(\pi_B|d, e) \right) + \lambda \left( X_{MA} E(\pi_A|d, e) + X_{MB} E(\pi_B|d, e) \right) - g(e_M). \quad (3)$$

El primer término indica los beneficios obtenidos de realizar esfuerzo, dado que la manager hace esfuerzo para ambos proyectos, ella obtiene beneficios propios de la suma de las ganancias esperadas de ambos proyectos. El segundo término presenta los beneficios de tomar la decisión que depende de la asignación de los derechos de decisión elegida por el propietario. Finalmente, el último término es el costo del esfuerzo de la manager. De manera similar la función de utilidad  $j$  del agente es:

$$U_j(d, e) = \alpha E(\pi_j|d, e) + \lambda \sum_{j'=A,B} X_{jj'} E(\pi_{j'}|d, e) - c(e_j). \quad (4)$$

<sup>4</sup> Hay tres partes involucradas en cada proyecto y cada una de ellas tiene un porcentaje de los beneficios del mismo; dos partes se encuentran asociadas a la provisión de esfuerzo para que el proyecto sea exitoso y una tercera parte corresponde al pago por la asignación de la autoridad. Entonces, la solución de negociación necesita que  $2\alpha + \lambda \leq 1$ . Se podría considerar el caso en el cual  $2\alpha + \lambda + \gamma = 1$  donde  $\gamma$  representase los dividendos para el propietario. Sin embargo, se considera el caso  $2\alpha + \lambda = 1$  dado que las soluciones del primero y este último son las mismas, pero asumir  $\gamma = 0$  simplifica el análisis.

Una vez más, el primer término indica los beneficios obtenidos por realizar esfuerzo. Sin embargo, dado que cada agente puede ser considerado como un especialista, ellos realizan esfuerzo para un solo proyecto, por lo que los beneficios de realizar esfuerzo provienen de un solo proyecto. El segundo término considera los beneficios de tomar la decisión y funciona exactamente de la misma manera que para la manager. Para concluir, el último término es la función de costo de esfuerzo para los agentes.

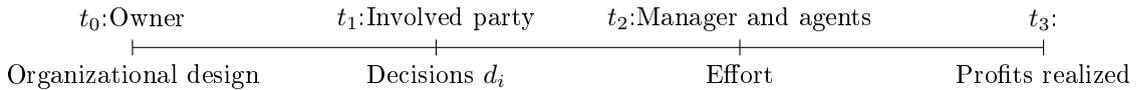
A lo largo de este artículo, se asume:

- (a)  $h(S) = h > h(C) = 0, q(C) = q > q(S) = 0$ .
- (b)  $P(e_M, e_j) = e_M + e_j$  for  $j = A, B$  and  $q < Z := \frac{1}{2k\alpha + \max\{2k\lambda, (k+c)\lambda\}}$ .
- (c) La única variable posible de circunscribir un contrato es la decisión sobre un proyecto debido a contratos incompletos.

The first assumption simplifies the consequences of the decision into a discrete binary option for each type of payoff. If a selfish decision is made  $h(S) = h$  while if a cooperative decision is made  $q(C) = q$  and in any other case,  $h(C) = q(S)$  is 0. The second assumption helps to simplify the analysis, which enables the model to have a closed form solution for equilibrium in each organizational structure. The second part is a sufficient condition under which equilibrium effort satisfies  $e_M + e_j = P_j < 1$ ,  $j = A, B$ . The incomplete contracts assumption states that it is impossible to build a contingent state for each possible combination of states of nature in the organization.

El primer supuesto simplifica las consecuencias de la decisión en una opción discreta binaria para cada tipo de pago. Si se toma una decisión egoísta  $h(S) = h$ , mientras que si se toma una decisión cooperativa  $q(C) = q$  y en cualquier otro caso,  $h(C) = q(S)$  es 0. El segundo supuesto ayuda a simplificar el análisis, lo que permite que el modelo tenga una forma de solución cerrada para el equilibrio en cada estructura organizacional. La segunda parte es una condición suficiente bajo la cual el esfuerzo de equilibrio satisface  $e_M + e_j = P_j < 1$ ,  $j = A, B$ . El supuesto de contratos incompletos establece que es imposible crear un estado contingente para cada combinación posible de estados de naturaleza en la organización.

La secuencialidad del modelo es la siguiente. En el período 0, el propietario elige un diseño organizacional o estructura de gobierno específico. En el período 1, el individuo con el derecho a decidir toma la decisión para el proyecto definiendo  $d = (d_A, d_B)$ . En el período 2, ambos agentes y la CEO eligen sus esfuerzos, definiendo  $e = (e_A, e_B, e_M)$ . Finalmente, en el período 3, la naturaleza define qué proyectos son exitosos y los pagos son realizados.<sup>5</sup>



El modelo descrito anteriormente considera el problema del propietario de elegir un diseño organizacional  $y$  que maximice el valor total de la organización (su propio pago) pero considerando que la única variable posible de circunscribir un contrato es el derecho a decidir sobre un proyecto,

<sup>5</sup>El *timing* del modelo es diferente al de Choe e Ishiguro (2011). Se considera que las decisiones de los esfuerzos –en un juego secuencial (en lugar de considerar un juego bayesiano)– se eligen después de la toma de decisiones sobre los proyectos debido a razones económicas. Creemos que las decisiones importantes en una organización se eligen antes que cada trabajador decida la cantidad de esfuerzo debido al tiempo necesario para completar los procesos en la producción y además como consecuencia de la importancia de estas decisiones en la organización que son considerablemente mayores que el esfuerzo elegido.

pero sin poder hacer cumplir una decisión cooperativa o egoísta. Para simplificar, el problema del propietario será maximizar el valor  $V$  de la organización sujeto a compatibilidad de incentivos en esfuerzos y decisiones de los agentes y la CEO. Entonces, el problema de maximización del propietario es:

$$\begin{aligned} \max_{y \in \mathcal{Y}} V(d, e) &= E(\pi_A|d, e) + E(\pi_B|d, e); \\ \text{s.a. : } IC_d &: U_i^y(d_j|d_{j'}, e) \geq U_i^y(d'_j|d_{j'}, e), \quad \forall i = A, B, M \text{ and } \forall j, j' = A, B, \\ IC_e &: e_i^* = \arg \max_e U_i^y(d, e), \quad \forall i = A, B, M. \end{aligned} \quad (5)$$

Ahora, con el objetivo de tener dos puntos de referencia, se desarrollan los análisis *first best* y *benchmark*.

## First Best

El análisis de *First Best* considera una función de bienestar en la que un planificador social puede tomar la decisión sobre los proyectos y controlar el esfuerzo individual como si fuera observable. Como consecuencia, el problema del planificador social para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$  es:

$$\max_{d, e} W(d, e) = E(\pi_A|d, e) + E(\pi_B|d, e) - g(e_M) - c(e_A) - c(e_B) \quad (6)$$

**Proposición 1:** Cuando  $h > q$  el planificador social elige dos decisiones  $d_A = d_B = S$ , el nivel de esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = ch$  y el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2kh$ . De lo contrario, un planificador social elige dos decisiones  $d_A = d_B = C$ , el nivel de esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = cq$  y el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2kq$ . Por lo tanto:

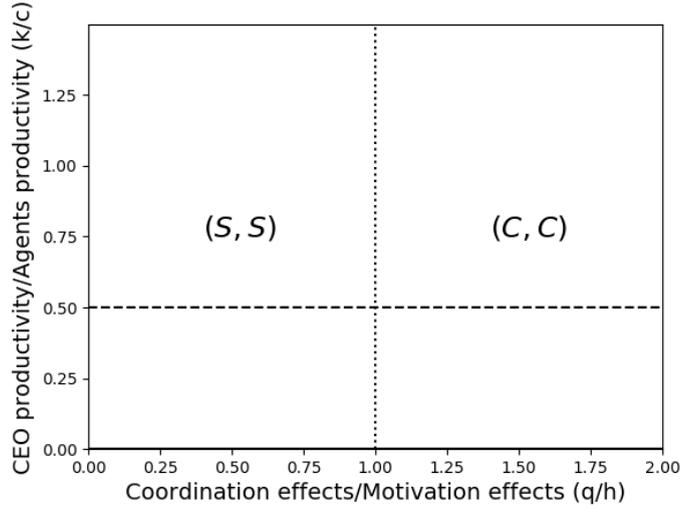
$$W(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} (2k + c) q^2 & \text{si } q \geq h, \\ (2k + c) h^2 & \text{si } q < h. \end{cases} \quad (7)$$

El planificador social toma decisiones idénticas sobre los dos proyectos, porque siempre será conveniente elegir una decisión cooperativa para los proyectos si la coordinación es más beneficiosa que la motivación de los agentes y egoísta en caso contrario. El planificador social nunca podría haber tomado una decisión asimétrica porque en tal caso uno de los agentes no habría realizado ningún esfuerzo y, como consecuencia, el bienestar habría disminuido. Para la prueba, ver *el Apéndice A*.

This social planner is able to control the individual effort of the agents and also, to implement decisions over projects A and B which are more profitable for all the members in the organization. The implementation of the optimum decision is independent of who is taking the decision over each project. As a consequence the main force which determines the decision is the ratio  $q/h$  or intuitively the coordination benefits relative to the intrinsic concerns or motivation benefits. Figure 1 is an example for specific values of  $\alpha = \lambda = 1/3$  and  $h = c = 1$ , x-axis reflects the coordination *versus* motivation force whereas y-axis presents the CEO productivity over both agents productivity force, which is not important for the First Best analysis.

Este planificador social puede controlar el esfuerzo individual de cada agente y también implementar decisiones sobre los proyectos A y B que son más beneficiosos para todos los miembros de la organización. La implementación de la decisión óptima es independiente de quién toma la decisión sobre cada proyecto. De esta manera, la fuerza principal que determina la decisión es el ratio  $q/h$ , o intuitivamente los beneficios de la coordinación relativa a los pagos del propio proyecto o los beneficios de la motivación. La Figura 1, es un ejemplo para valores específicos de  $\alpha = \lambda = 1/3$  y  $h = c = 1$ , el eje x refleja la fuerza de coordinación frente a la motivación, mientras que el eje y presenta la productividad relativa de la CEO respecto de los agentes, lo cual no es importante para el análisis de *first best*.

Figura 1: First Best



Nota: Esta figura considera los parámetros  $\alpha = \lambda = 1/3$  y  $h = c = 1$  como un ejemplo.

## Benchmark

Se considera un análisis benchmark en el que el propietario elige un diseño organizacional  $y \in \mathcal{Y}$ , que maximiza el valor total de la organización (su propio pago). En pocas palabras, el problema del propietario será maximizar el valor total de la organización  $V_B$  sujeto a la compatibilidad de incentivos en esfuerzos para la CEO y los agentes, donde el propietario tiene el control sobre la toma de decisiones <sup>6</sup>. Entonces, el problema de maximización del propietario es:

$$\begin{aligned} \max_{y \in \mathcal{Y}, d} V_B(d, e) &= E(\pi_A|d, e) + E(\pi_B|d, e), \\ \text{s.a. : } IC_e : e_i^* &= \arg \max_e U_i^y(d, e), \forall i = A, B, M. \end{aligned} \tag{8}$$

La solución de este problema de maximización se pospone hasta que se explique la estructura óptima de organización. Se decide postergar la solución porque la comparación entre el entorno de *benchmark* y el entorno del modelo es esencial para entender los mecanismos que explican los resultados de este trabajo.

<sup>6</sup>Note que el  $V_B$  tiene un subíndice  $B$  que indica que este valor es calculado en el entorno benchmark.

## Estructura Organizacional

Como fuera mencionado, hay nueve estructuras de organización posibles dependiendo de la asignación de la autoridad de decisión, que se reducen a seis por simetría en tres de ellas (las últimas tres de las que se enumeran a continuación). Se clasifican en centralización, descentralización, autoridad cruzada, delegación parcial, delegación jerárquica y delegación concentrada. Por lo tanto,  $\mathcal{Y} := \{CE, DE, CA, PD, HD, CD\}$  donde CE es Centralización, DE Descentralización, CA es Autoridad Cruzada, Delegación Parcial PD, Delegación Jerárquica HD y Delegación Concentrada CD. Esta última estructura organizacional, llamada Delegación Concentrada, que consiste en delegar los derechos de decisión sobre los dos proyectos a un agente, A o B, es descartada porque siempre está dominada por otras estructuras de organización (para la prueba, consulte el *Apéndice A*).

### Centralización

En centralización, la manager tiene la autoridad de decisión sobre los dos proyectos:  $X_{MA} = X_{MB} = 1$  y  $X_{jj'} = 0$  para  $j, j' = A, B$ . Así, el pago esperado de la manager y el agente  $j$  son:

$$U_M^{CE}(d, e) = (\alpha + \lambda) \sum_{j=A, B} E(\pi_j | d, e) - g(e_M), \quad (9)$$

$$U_j^{CE}(d, e) = \alpha E(\pi_j | d, e) - c(e_j).$$

La centralización proporciona los más grandes incentivos al esfuerzo para la manager. Además, dado que la manager toma las dos decisiones, la coordinación en centralización puede ser lograda bajo ciertas circunstancias. La desventaja de centralización es que los incentivos al esfuerzo para los agentes son menores en relación a estructuras de organización alternativas que se describen a continuación.

### Descentralización

Cada agente tiene la autoridad de decisión sobre su propio proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{jj} = 1$  para  $j = A, B$ . La descentralización cambia los beneficios del control de la CEO a cada agente. Por lo tanto, los pagos esperados de la manager y el agente  $j$  son:

$$U_M^{DE}(d, e) = \alpha \sum_{j=A, B} E(\pi_j | d, e) - g(e_M), \quad (10)$$

$$U_j^{DE}(d, e) = (\alpha + \lambda) E(\pi_j | d, e) - c(e_j).$$

En descentralización, cada agente tiene incentivos más grandes a realizar esfuerzo en relación con centralización, aunque los incentivos al esfuerzo de la manager son más pequeños.

### Autoridad Cruzada

Cada agente tiene la autoridad de decisión sobre el otro proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{jj'} = 1$  para  $j \neq j'$  donde  $j, j' = A, B$ . Como en descentralización, la autoridad cruzada cambia los beneficios de control de la CEO a cada agente. En autoridad cruzada, el pago esperado de la CEO

es el mismo que en descentralización y el pago esperado del agente  $j$  viene dado por:

$$U_M^{CA}(d, e) = \alpha \sum_{j=A,B} E(\pi_j|d, e) - g(e_M), \quad (11)$$

$$U_j^{CA}(d, e) = \alpha E(\pi_j|d, e) + \lambda E(\pi_{j'}|d, e) - c(e_j).$$

En autoridad cruzada en comparación con centralización, cada agente tiene incentivos al esfuerzo más grandes y los incentivos al esfuerzo de la manager son menores, como ocurre en el caso de descentralización. Sin embargo, la asignación cruzada de las decisiones debería ayudar con los problemas de coordinación.

## Delegación Parcial

En delegación parcial la manager tiene la autoridad de decisión sobre un proyecto, por ejemplo proyecto A, mientras que el agente B tiene autoridad de decisión sobre su proyecto (proyecto B):  $X_{MA} = X_{BB} = 1$ . Esta estructura organizacional es diferente de lo que se llama delegación jerárquica, que se describe en la siguiente subsección. En delegación parcial, el agente B tiene la autoridad de decisión sobre su propio proyecto y, por lo tanto, su pago esperado es el mismo que en descentralización. El pago esperado de la manager y los agentes en delegación parcial están dados por:

$$U_M^{PD}(d, e) = (\alpha + \lambda) E(\pi_A|d, e) + \alpha E(\pi_B|d, e) - g(e_M),$$

$$U_A^{PD}(d, e) = \alpha E(\pi_A|d, e) - c(e_A), \quad (12)$$

$$U_B^{PD}(d, e) = (\alpha + \lambda) E(\pi_B|d, e) - c(e_B).$$

## Delegación Jerárquica

El último tipo de estructura organizacional se denomina delegación jerárquica, en la que la autoridad sobre un proyecto, como el proyecto A, se asigna a la CEO, mientras que la autoridad sobre el otro proyecto se asigna al agente A:  $X_{MA} = X_{AB} = 1$  y  $X_{Bj} = 0$  para  $j = A, B$ . A esta estructura organizacional se la llama jerarquía M - A - B. En este caso, una jerarquía de tres capas se caracteriza por una sucesiva asignación de la autoridad de decisión donde el agente A desempeña el papel de un “*middleman*”. La jerarquía de tres capas se puede entender mejor como una cadena de mando donde cada individuo ejerce la autoridad sobre la parte en el nivel inmediatamente inferior. La delegación jerárquica es diferente de la delegación parcial dado que esta última no tiene este tipo de cadena de mando. En delegación parcial, un agente tiene la autoridad sobre su propio proyecto, mientras que la manager tiene la autoridad sobre el otro proyecto; no existe asociación entre el agente delegado y el otro proyecto en delegación parcial. Los pagos esperados de la manager y de los agentes en delegación parcial están dados por:

$$U_M^{HD}(d, e) = (\alpha + \lambda) E(\pi_A|d, e) + \alpha E(\pi_B|d, e) - g(e_M),$$

$$U_A^{HD}(d, e) = \alpha E(\pi_A|d, e) + \lambda E(\pi_B|d, e) - c(e_A), \quad (13)$$

$$U_B^{HD}(d, e) = \alpha E(\pi_B|d, e) - c(e_B).$$

## Estructura Organizacional Óptima

En esta sección, se comparan varias estructuras organizacionales para analizar su desempeño bajo el entorno de *benchmark* y bajo el entorno del modelo. Para cada una de las cinco estructuras organizacionales consideradas se calculan los beneficios totales esperados de la organización; se presentan en las proposiciones 2 a 6 para el caso de *benchmark* y en las proposiciones 8 a 12 para el caso del modelo; las primeras se encuentran en el *Apéndice B* y las últimas en el *Apéndice C*. Las proposiciones 7 y 13 establecen la comparación entre esas organizaciones en equilibrio bajo cada entorno (*benchmark* o modelo), la proposición 7 se prueba en el *Apéndice B* y la proposición 13 en el *Apéndice C*.

Se consideran dos factores de principal importancia para identificar la estructura organizacional óptima en el entorno de *benchmark* y en el modelo. Primero, los beneficios de los retornos a la cooperación en relación a los incentivos a la motivación medidos por  $q/h$ . Segundo, la productividad relativa de la CEO respecto de los agentes; mientras  $e/k$  es el costo marginal del esfuerzo de la CEO y  $e/c$  representa el costo marginal del esfuerzo para cada agente, se puede comparar  $1/k$  y  $1/c$  como la productividad relativa de la manager y un agente para un valor dado de esfuerzo  $e$ . Así la condición  $k = c/2$  puede ser interpretada como que la CEO es tan eficiente como ambos agentes<sup>7</sup>. Esto se debe a que el esfuerzo de la CEO afecta la probabilidad de éxito de los dos proyectos, mientras que el esfuerzo de cada agente afecta sólo la probabilidad de éxito de su propio proyecto. Por lo tanto, si  $k > c/2$ , la manager contribuye a la organización más que ambos agentes juntos, dado el mismo nivel de esfuerzo, y viceversa si  $k < c/2$ .

En esta sección, se calcula el esfuerzo óptimo para cada estructura organizacional para los casos de *benchmark* y del modelo. Luego se compara el mapa de optimalidad en cada caso para comprender las razones que determinan las diferentes estructuras organizacionales. Para hacer una presentación clara de los resultados, se prueba la proposición 2 para centralización; las otras pruebas se pueden ver en el *Apéndice B* para las proposiciones 3 a 7, y en el *Apéndice C* para las proposiciones 8 a 13.

### Caso Benchmark

En el caso de *benchmark*, la persona a cargo de la decisión elige aquella que maximiza los beneficios totales de la organización  $V_B$  como si el propietario fuera capaz de forzar la implementación de una decisión conveniente para él mismo en cada proyecto. Eso significa que el propietario controla todo, excepto la elección de esfuerzo. Por lo tanto, la relación entre la productividad de la CEO y la productividad de los agentes es importante para incrementar principalmente el esfuerzo del individuo más productivo. El cálculo de esta decisión óptima es la solución del problema de maximización en la Ecuación 8 para cada estructura organizacional  $y \in \mathcal{Y}$ . Este problema de maximización solo tiene en cuenta el problema de riesgo moral en esfuerzo. Dado que es un juego secuencial, este problema se resuelve por inducción hacia atrás.

### Centralización

En centralización, como fuera mencionado antes, la gerente tiene la autoridad de decisión sobre ambos proyectos:  $X_{MA} = X_{MB} = 1$  y  $X_{jj'} = 0$  para  $j, j' = A, B$ . Y las funciones de utilidad son las establecidas en la ecuación 9.

---

<sup>7</sup>Note que cuando  $1/k = 2/c$  el costo marginal del esfuerzo por unidad para la manager iguala el costo marginal del esfuerzo por unidad de los dos agentes.

**Proposición 2:** Cuando  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha+\lambda)}}$  la CEO elige ambas decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = 0$  mientras que el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)q$ . De lo contrario, la CEO elige ambas decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c\alpha h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V_B^{CE}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 4k(\alpha + \lambda) q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha+\lambda)}}, \\ (4k(\alpha + \lambda) + 2c\alpha) h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (14)$$

### Prueba

Resolviendo por inducción hacia atrás, en el período 2 la CEO y cada agente maximizan su función de utilidad dadas las decisiones  $d_A$  y  $d_B$ . Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = e_B = 0$  y  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)q$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = e_B = c\alpha h$  y  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)h$ . Si  $d_A = C$ , y  $d_B = S$ ,  $e_A = 0$ ,  $e_B = c\alpha(h + q)$  y  $e_M = k(\alpha + \lambda)(q + h)$ . El último caso es el mismo que el anterior pero cambia simétricamente los esfuerzos de los Agentes A y B.

Luego, en el período 1 la CEO toma una decisión cooperativa o egoísta para cada proyecto, considerando cuál es la más conveniente para el propietario. Para decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente, la CEO necesita comparar el valor de los beneficios para toda la organización bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, para comparar  $V_B^{CE}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ .

Dado que  $d = (S, C)$  y  $d = (C, S)$  tiene el mismo valor  $V_B$  para el propietario, se comparan 3 casos:  $d = (S, S)$ ,  $d = (S, C)$  y  $d = (C, C)$ . El elemento clave para elegir qué tipo de decisión será más beneficiosa dentro de una estructura organizacional, en este caso la centralización, es el ratio de retornos a la cooperación sobre retornos a la motivación ( $q/h$ ).

$$V_B^{CE}(C, C|e^*) = 4k(\alpha + \lambda) q^2.$$

$$V_B^{CE}(S, S|e^*) = (4k(\alpha + \lambda) + 2c\alpha) h^2.$$

$$V_B^{CE}(C, S|e^*) = k(\alpha + \lambda) (q + h)^2 + c\alpha h^2.$$

$$\text{Primer caso: } V_B^{CE}(C, C|e^*) \geq V_B^{CE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha+\lambda)}}.$$

$$\text{Segundo caso: } V_B^{CE}(C, C|e^*) \geq V_B^{CE}(C, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = \frac{1 + \sqrt{4 + 3\frac{c}{k} \frac{\alpha}{(\alpha+\lambda)}}}{3}, \text{ considerando sólo la raíz positiva.}$$

$$\text{Último caso: } V_B^{CE}(C, S|e^*) \geq V_B^{CE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{(\alpha+\lambda)}}, \text{ considerando sólo la raíz positiva.}$$

En los tres casos resueltos,  $\epsilon_1, \epsilon_2$  y  $\epsilon_3$  representan el excedente mínimo de cooperación necesaria para cumplir las condiciones.  $\epsilon_1$  representa la condición bajo la cual  $V_B^{CE}(C, C|e^*) \geq V_B^{CE}(S, S|e^*)$ , y de la misma manera las otras. Se puede demostrar que  $\epsilon_2 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_3$ ,<sup>8</sup> y, por lo tanto, probar que  $d = (C, C)$  es preferido respecto a  $d = (C, S)$  para un valor de excedente cooperativo suficientemente pequeño. Adicionalmente,  $d = (C, S)$  sobre  $d = (S, S)$  requiere un excedente cooperativo  $\epsilon_3$  más alto que el excedente necesario para que  $d = (C, C)$  sea preferido respecto a  $d = (S, S)$ . Finalmente,

<sup>8</sup>Bajo pedido, no es difícil de probar aunque la prueba es larga y poco práctica para mantener la atención de la audiencia. Además, es bastante fácil verificarlo con ejemplos numéricos.

$d = (C, S)$  será dominado y los únicos dos conjuntos de decisiones tomados son  $d = (C, C)$  y  $d = (S, S)$ .

### Decentralization

En descentralización, cada agente tiene el derecho de decisión sobre su propio proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{AA} = X_{BB} = 1$ . Y las funciones de utilidad son las establecidas en la Ecuación 10.

**Proposición 3:** When  $q/h \geq \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \frac{c}{k} \frac{(\alpha+\lambda)}{\alpha})}$  each agent decides both decisions  $d_A = d_B = C$  and each agent's effort is  $e_A = e_B = 0$  while CEO's effort is  $e_M = 2k\alpha q$ . Otherwise, the agents choose both decisions  $d_A = d_B = S$  and each agent chooses  $e_A = e_B = c(\alpha + \lambda)h$  whereas the CEO's choice is  $e_M = 2k\alpha h$ . Hence the overall value of the firm is:

Cuando  $q/h \geq \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \frac{c}{k} \frac{(\alpha+\lambda)}{\alpha})}$  cada agente toma dos decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = 0$  mientras que el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k\alpha q$ . De lo contrario, los agentes eligen dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c(\alpha + \lambda)h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k\alpha h$ . Por lo tanto, el valor total de la firma es:

$$V_B^{DE}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 4k\alpha q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{\frac{1}{2}(2 + \frac{c}{k} \frac{(\alpha+\lambda)}{\alpha})}, \\ 2(c(\alpha + \lambda) + 2k\alpha)h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (15)$$

### Prueba

Ver apéndice B.

### Autoridad Cruzada

En autoridad cruzada, cada agente tiene el derecho de decisión sobre el otro proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{AB} = X_{BA} = 1$ . Y las funciones de utilidad son aquellas establecidas en la Ecuación 11.

**Proposición 4:** Cuando  $q/h \geq \sqrt{\frac{2k\alpha+c\alpha}{2k\alpha+c\lambda}}$  cada agente toma dos decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = c\lambda q$  mientras el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k\alpha q$ . De otra manera, el agente elige dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c\alpha h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k\alpha h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V_B^{CA}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 2(2k\alpha + c\lambda) q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{\frac{2k\alpha+c\alpha}{2k\alpha+c\lambda}}, \\ 2(2k\alpha + c\alpha) h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (16)$$

### Prueba

Ver apéndice B.

### Delegación Parcial

En delegación parcial, la CEO tiene la decisión sobre el proyecto A y el Agente B sobre su propio proyecto (podría ser al revés simétricamente):  $X_{MA} = 1$ ,  $X_{MB} = 0$ ,  $X_{AA} = 0$  y  $X_{BB} = 1$ . Y las funciones de utilidad son las indicadas en la Ecuación 12.

**Proposición 5:** When  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{2k}}$  the CEO and agent B decide a cooperative decision  $d_A = d_B = C$ , each agent's effort  $e_A = e_B = 0$  and CEO's effort is  $k(2\alpha + \lambda)q$ . Otherwise, the CEO and agent B choose both decisions  $d_A = d_B = S$  and each agent chooses  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = c(\lambda + \alpha)h$  whereas the CEO's choice is  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Hence the overall value of the firm is:

Cuando  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{2k}}$  la CEO y el agente B toman una decisión cooperativa  $d_A = d_B = C$ , el esfuerzo de cada agente  $e_A = e_B = 0$  y el esfuerzo de la CEO es  $k(2\alpha + \lambda)q$ . De lo contrario, la CEO y el agente B eligen dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = c(\lambda + \alpha)h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V_B^{PD}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 2k(2\alpha + \lambda)q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{2k}}, \\ (2k(2\alpha + \lambda) + c(2\alpha + \lambda))h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (17)$$

**Prueba**

Ver apéndice B.

**Delegación Jerárquica**

En delegación jerárquica, la CEO tiene la decisión sobre el proyecto A y el Agente A sobre el proyecto B (puede ser al revés simétricamente):  $X_{MA} = 1$ ,  $X_{MB} = 0$  y  $X_{AB} = 1$ . Y las funciones de utilidad son las que se indican en Ecuación 12.

**Proposición 6:**

Cuando  $q/h \geq \bar{\epsilon} = \frac{1}{k(1+\alpha)+c\lambda} \left( (k(\alpha + \lambda) + \sqrt{k^2(\alpha + \lambda)^2 + [k(\alpha + \lambda) + c\alpha][k(1 + \alpha) + c\lambda]}) \right)$  la CEO y el agente A toman una decisión cooperativa,  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = c\lambda q$ ,  $e_B = 0$  y el esfuerzo de la CEO es  $e_M = k(2\alpha + \lambda)q$ . Si  $-1 + \sqrt{2 + \frac{2\alpha}{\alpha + \lambda} + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}} = \underline{\epsilon} \leq q/h < \bar{\epsilon}$ , la CEO toma una decisión egoísta mientras el agente A coopera,  $d_A = S$  y  $d_B = C$ ,  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = 0$  y  $e_M = k(\alpha + \lambda)(h + q)$ . De lo contrario, la CEO y el agente A toman dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c\alpha h$  y la elección de la CEO es  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V_B^{HD}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} (2k(2\alpha + \lambda) + c\lambda)q^2 & \text{si } \epsilon > \bar{\epsilon}, \\ k(\alpha + \lambda)(h + q)^2 + c\alpha h^2 & \text{si } \underline{\epsilon} < \epsilon \leq \bar{\epsilon}, \\ (2k(2\alpha + \lambda) + 2c\alpha)h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (18)$$

**Prueba**

Ver apéndice B.

**Proposición 7:** Cuando  $k/c \geq 1/2$ , es decir, la CEO es más productiva que los dos agentes, solo una estructura organizacional es óptima: centralización (en cual la CEO puede elegir  $d = (C, C)$  cuando  $q/h > \epsilon_{B1}$  o  $d = (S, S)$  de lo contrario). Cuando  $k/c < 1/2$ , descentralización con  $d = (S, S)$  se elige cuando  $q/h < \epsilon_{B2}$  o autoridad cruzada con  $d = (C, C)$  en caso contrario. Los umbrales  $\epsilon_{B1}$  y  $\epsilon_{B2}$  son valores de  $q/h$  que dependen de  $k, c, \alpha$  y  $\lambda$ , la expresión de estos umbrales están en la prueba.

**Prueba**

Ver apéndice B.

En el caso de *benchmark*, sólo tres estructuras organizacionales se implementan. En primer lugar, descentralización con una decisión egoísta sobre cada proyecto cuando los efectos de coordinación son menores que los efectos de motivación y también la productividad de la CEO en relación con la productividad de los agentes es menor. En segundo lugar, autoridad cruzada con decisiones cooperativas sobre los dos proyectos cuando los efectos cooperativos son más grandes que los efectos motivacionales, pero la productividad de los agentes es más grande que la productividad de la CEO. Finalmente, cuando la productividad de la CEO es mayor que la productividad de los agentes, la centralización será conveniente para el propietario, con dos decisiones cooperativas cuando los efectos de coordinación sean lo suficientemente más grandes que los efectos de motivación y con dos decisiones egoístas de lo contrario.

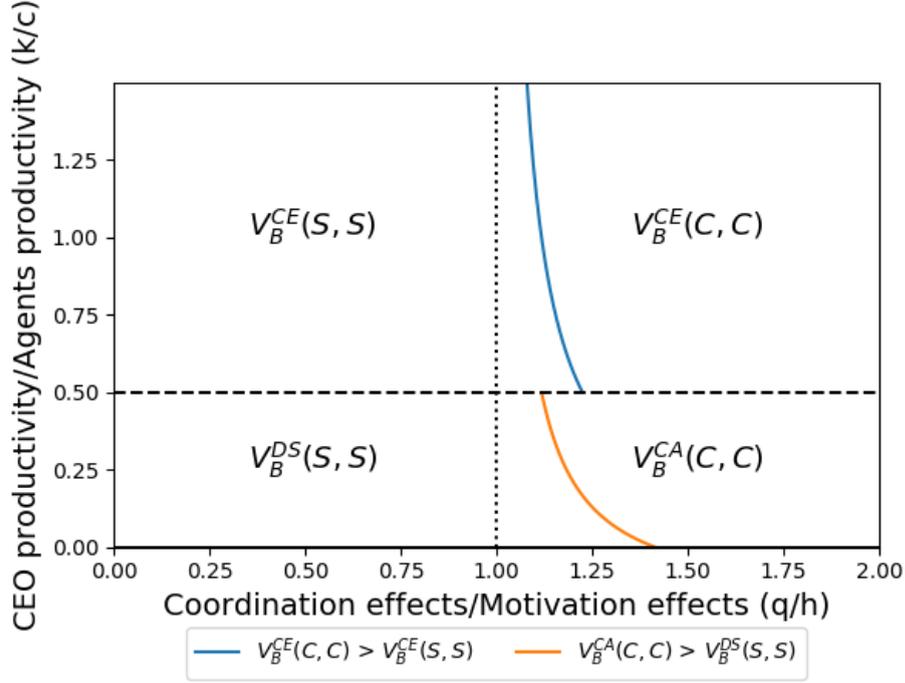
La figura 2 es un ejemplo para valores específicos de  $\alpha = \lambda = 1/3$  y  $h = c = 1$  y las mismas variables son representadas en el eje x y el eje y, como en la figura 1. La línea de puntos representa el umbral bajo el cual  $q = h$ , es decir, los retornos a la coordinación igualan a los incentivos a la motivación, mientras que la línea discontinua indica el valor en el cual  $k = 2c$ , la productividad de la CEO es la misma que la de los dos agentes. Adicionalmente, la línea azul muestra el valor de frontera bajo el cual la CEO cambia de tomar decisiones egoístas a decisiones cooperativas para los dos proyectos en centralización. Del mismo modo, la línea amarilla se refiere al preciso lugar en el cual la descentralización con dos decisiones egoístas comienza a ser menos beneficioso que autoridad cruzada con dos decisiones cooperativas.

El caso de *benchmark* muestra algunas ineficiencias en comparación con el análisis de *first best*. Claramente hay dos áreas en las cuales se toman decisiones diferentes a las óptimas. El área dentro de la línea discontinua, la línea de puntos y la línea azul muestra un espacio particular del mapa de optimalidad en el cual  $V_B^{CE}(S, S)$  es mayor que  $V_B^{CE}(C, C)$  aun cuando en el análisis de *first best* se mostró que el conjunto de decisiones óptimas es  $d = (C, C)$  en esa región. De manera similar, debajo de la línea discontinua hay una región dentro del área de la línea de puntos y la línea amarilla con el mismo problema. La razón principal que explica esta diferencia es un problema de riesgo moral en esfuerzos debido a contratos incompletos y un esquema fijo de pagos. En pocas palabras, en el análisis *first best* el planificador social toma en cuenta el esfuerzo de todos los agentes, mientras que en el análisis de *benchmark* el propietario solo está maximizando el valor total de la organización dejando de lado el esfuerzo necesario para lograr el objetivo. Es decir, el propietario no internaliza el costo del esfuerzo de los agentes. Además, el planificador social puede pagar el monto exacto del esfuerzo realizado por cada agente, mientras que en el análisis de *benchmark* los retornos al esfuerzo están dados por un esquema de pago fijo descrito anteriormente.

Como se puede ver, las líneas amarilla y azul tienen un comportamiento suave y además se mueven hacia la derecha mientras  $q/h$  aumenta. Considerando  $k/c > 1/2$ , dado que la línea azul define si centralización se implementará con  $d = (S, S)$  o  $d = (C, C)$  cuando la CEO sea considerablemente más eficiente que los dos agentes, entonces los retornos a la coordinación no necesitan ser tan altos porque el esfuerzo de la CEO es suficiente para lograr los objetivos (tenga en cuenta que centralización con dos decisiones cooperativas genera esfuerzo de los agentes igual a cero). Sin embargo, cuando la CEO no es mucho más eficiente que los agentes, el esfuerzo de los agentes es más importante que antes. Por lo tanto, se necesitan valores adicionales de retornos a la cooperación para tomar dos decisiones cooperativas. Algo similar sucede cuando  $k/c < 1/2$ , por un lado descentralización prioriza el incentivo de los agentes mientras que autoridad cruzada no solo toma en cuenta los esfuerzos de los agentes. De hecho, aun cuando en autoridad cruzada cada agente hace un esfuerzo menor que en descentralización (específicamente  $cah$  para cada agente), esto puede ser compensado con una prima por esfuerzos cooperativos sobre los agentes y la CEO. Como

consecuencia, es trivial que cuando  $k$  decrece, la prima de  $q/h$  debe ser mayor para compensar la pérdida en el esfuerzo de los agentes.

Figura 2: Benchmark



Esta figura considera los parámetros  $\alpha = \lambda = 1/3$  y  $h = c = 1$  como un ejemplo.

## El caso del modelo

Para cada tipo de estructura organizacional habrá una decisión óptima que maximice el beneficio del propietario  $V$ . El cálculo de esta decisión óptima es la solución del programa de maximización en la ecuación 5 para cada estructura organizacional en  $\mathcal{Y}$ . Este problema de maximización toma en cuenta el problema de riesgo moral en esfuerzos y también en la toma de decisiones. Dado que es un juego secuencial, este problema se resuelve por inducción hacia atrás para cada estructura organizacional. La única diferencia entre los beneficios calculados antes es el paso en el período 1 en el cual los individuos toman las decisiones sin ser forzados a elegir la más conveniente para el propietario. Las proposiciones establecidas más adelante tienen la misma estrategia de prueba que las proposiciones 2 a 7. Sin embargo, en el período 1 el individuo a cargo de tomar la decisión en lugar de tomar una decisión más conveniente para el propietario decide tomar la decisión conveniente para sí mismo, comparando su propia función de utilidad bajo distintos conjuntos de decisiones. Los esfuerzos y  $Y_j$  son los mismos que en el *benchmark*, por lo tanto solo se exponen aquí las proposiciones, ya que las pruebas están disponibles en el *Apéndice C*. Luego, se comparan todas las estructuras organizacionales implementables para evaluar su desempeño con el objetivo de desarrollar un mapa de optimalidad para el entorno del modelo.

## Centralización

**Proposición 8:** Cuando  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$  la CEO elige ambas decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = 0$  mientras el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)q$ . De

lo contrario, la CEO elige las dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c\alpha h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k(\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V^{CE}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 4k(\alpha + \lambda) q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}, \\ (4k(\alpha + \lambda) + 2c\alpha) h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (19)$$

### Descentralización

**Proposición 9:** Cuando  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{c}{k} \frac{(\alpha + \lambda)}{\alpha}}$  cada agente elige las dos decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = 0$  mientras el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k\alpha q$ . De otro modo, los agentes eligen las dos decisiones  $d_A = d_B = S$ , y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = c(\alpha + \lambda)h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k\alpha h$ . Por lo tanto el valor total de la empresa es:

$$V^{DE}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 4k\alpha q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{c}{k} \frac{(\alpha + \lambda)}{\alpha}}, \\ 2(c(\alpha + \lambda) + 2k\alpha)h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (20)$$

### Autoridad Cruzada

**Proposición 10:** Cuando  $q/h \geq \sqrt{\frac{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\alpha) - \frac{c\alpha^2}{2}}{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\lambda) - \frac{c\lambda^2}{2}}}$  cada agente toma dos decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = c\lambda q$  mientras que el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k\alpha q$ . De lo contrario, los agentes toman dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = e_B = c\alpha h$ , mientras que la elección de la CEO es  $e_M = 2k\alpha h$ . Por lo tanto el valor total de la empresa es:

$$V^{CA}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 2(2k\alpha + c\lambda) q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{\frac{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\alpha) - \frac{c\alpha^2}{2}}{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\lambda) - \frac{c\lambda^2}{2}}}, \\ 2(2k\alpha + c\alpha) h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (21)$$

### Delegación Parcial

**Proposición 11:** Cuando  $q/h \geq -1 + \sqrt{4 + \frac{2c}{\alpha k} + \frac{4\alpha\lambda + \alpha^2}{\alpha^2}}$  la CEO y el agente B toman dos decisiones  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A = e_B = 0$ , mientras el esfuerzo de la CEO es  $e_M = 2k\alpha q$ . De otra manera, la CEO y el agente B toman las dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = c(\lambda + \alpha)h$  mientras que la elección de la CEO es  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto, el valor total de la empresa es:

$$V^{PD}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} 2k(2\alpha + \lambda)q^2 & \text{si } q/h - 1 + \sqrt{4 + \frac{2c}{\alpha k} + \frac{4\alpha\lambda + \alpha^2}{\alpha^2}}, \\ (2k(2\alpha + \lambda) + c(\alpha + \lambda))h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (22)$$

### Delegación Jerárquica

**Proposición 12:** Cuando  $q/h \geq \bar{c} = \frac{k(\alpha + \lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha + 2\lambda) + 2c\lambda]} + \sqrt{\left(\frac{k(\alpha + \lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha + 2\lambda) + 2c\lambda]}\right)^2 + \frac{k(\alpha + \lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha + 2\lambda) + 2c\lambda]} + \frac{2c(\alpha + \lambda)}{k(3\alpha + 2\lambda) + 2c\lambda}}$  la CEO y el agente A toman una decisión cooperativa,  $d_A = d_B = C$  y el esfuerzo de cada agente es  $e_A =$

$c\lambda q$ ,  $e_B = 0$  y el esfuerzo de la CEO es  $e_M = k(2\alpha + \lambda)q$ . Si  $-1 + \sqrt{2 + \frac{\lambda}{\alpha} + \frac{c}{k} \frac{\alpha\lambda}{\alpha(\alpha+\lambda)}} = \underline{\epsilon} \leq \epsilon < \bar{\epsilon}$ , la CEO toma una decisión egoísta mientras que el agente A toma una decisión cooperativa,  $d_A = S$  y  $d_B = C$ ,  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = 0$  y  $e_M = k(\alpha + \lambda)(h + q)$ . De otro modo, los agentes toman dos decisiones  $d_A = d_B = S$  y cada agente elige  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = c\alpha h$  y la CEO  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Por lo tanto el valor total de la empresa es:

$$V^{HD}(d_A, d_B|e^*) = \begin{cases} (2k(2\alpha + \lambda) + c\lambda)q^2 & \text{si } \epsilon \geq \bar{\epsilon}, \\ k(\alpha + \lambda)(h + q)^2 + c\alpha h^2 & \text{si } \underline{\epsilon} \leq \epsilon < \bar{\epsilon}, \\ (2k(2\alpha + \lambda) + c\alpha)h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (23)$$

**Proposition 13:** Cuando  $k/c \geq 1/2$ , el propietario elige centralización con  $d = (S, S)$  cuando  $q/h < \epsilon_{M1}$ , entonces elige delegación jerárquica con  $d = (S, C)$  cuando  $\epsilon_{M1} < q/h < \epsilon_{M2}$  y centralización con  $d = (C, C)$  cuando  $q/h \geq \epsilon_{M2}$ . Cuando  $k/c < 1/2$ , los resultados de *benchmark* se mantienen sin modificaciones. Los umbrales  $\epsilon_{M1}$ , y  $\epsilon_{M2}$  son valores de  $q/h$  que dependen de  $k, c, \alpha$  y  $\lambda$  las expresiones de esos umbrales están en la prueba.

La Proposición 13 resalta algunas diferencias con el resultado de la Proposición 7, y establece el principal resultado del trabajo. Recuerde que en el mapa de optimalidad de *benchmark* hay tres estructuras organizativas óptimas: centralización, descentralización y autoridad cruzada. Cuando  $k/c < 1/2$  los resultados en las proposiciones 7 y 13 se mantienen iguales (descentralización y autoridad cruzada son óptimas dependiendo de  $q/h$ ), el trabajo se focaliza en la diferencia cuando  $k/c \geq 1/2$ . Note que cuando  $k/c \geq 1/2$  se obtiene un nuevo resultado, mientras que en el *benchmark* centralización es siempre el diseño organizacional óptimo, en el modelo delegación jerárquica aparece como una mejor alternativa a la centralización.

Tenga en cuenta que en el entorno modelo en la ecuación 5 la CEO toma la decisión considerando su propia utilidad. Es decir, ella elegirá decisiones cooperativas en lugar de decisiones egoístas cuando  $U_M^{CE}(C, C) > U_M^{CE}(S, S)$  y no cuando  $V_B^{CE}(C, C) > V_B^{CE}(S, S)$ . Dado que su propia utilidad depende del esfuerzo de los agentes, ella puede beneficiarse de estos esfuerzos. La gerente prefiere beneficiarse del esfuerzo de los agentes bajo decisiones egoístas (recuerde que bajo decisiones cooperativas los agentes hacen esfuerzo cero) mientras que esa apropiación de los beneficios sobre los agentes sea mayor que los beneficios de incrementar su propio esfuerzo bajo centralización con dos decisiones cooperativas. Como consecuencia, la CEO necesita retornos cooperativos sobre motivacionales mayores que en *benchmark* para cambiar de decisiones cooperativas a egoístas, dejando de lado la posibilidad de apropiarse de los beneficios del esfuerzo realizado por los agentes. Por lo tanto, hay una situación en donde el *benchmark* es preferido a centralización con  $d = (C, C)$  pero no es implementable en el entorno del modelo. Así, cuando  $q > h$ , pero no considerablemente más grande, delegación jerárquica con  $d = (S, C)$  es implementable y, por lo tanto, genera más valor toda la organización que centralización con  $d = (S, S)$ <sup>9</sup>.

La intuición detrás de este resultado es que aun cuando el ratio de retornos de la cooperación sobre la motivación aumenta, el propietario prefiere coordinación, pero la CEO elige dos decisiones egoístas bajo centralización (en el cual se priorizan los incentivos al esfuerzo). Sin embargo, al mismo tiempo la CEO es más productiva que ambos agentes, por lo que es necesario mantenerla motivada para que se esfuerce. En consecuencia, el propietario decide delegar un derecho de decisión sobre el agente del otro proyecto para coordinar, y el otro derecho de decisión se queda con la CEO que toma

<sup>9</sup>Tenga en cuenta que este resultado es importante en el caso del modelo pero no en el *benchmark*, porque en este espacio en *benchmark* la centralización con  $d = (C, C)$  es mayor que en delegación jerárquica con  $d = (S, C)$  y también implementable.



centralizada cuando la CEO es más productiva que los agentes. Sin embargo, cuando el propietario no puede controlar a la parte que toma la decisión (en este caso, la CEO), centralización con dos decisiones cooperativas tiende a ser implementable lejos de donde es óptimo (esta distancia es la diferencia entre las líneas azul y roja) dado que en centralización con dos decisiones egoístas, la CEO puede beneficiarse de los esfuerzos realizados por los agentes. En consecuencia, el propietario se puede anticipar a este comportamiento estratégico y decide elegir una organización jerárquica con una decisión cooperativa y otra egoísta, esta es el área "A" señalada en la figura entre las líneas roja, azul y la línea discontinua. De hecho, el resultado es una solución de "second best" para el propietario debido al comportamiento estratégico de la CEO.

## Análisis de estática comparativa

En esta sección, se analiza cómo reacciona el espacio óptimo de delegación jerárquica bajo cambios en la estructura del esquema de pagos. Dado que las figuras 2 y 3 ilustran los resultados para valores particulares de los retornos a la motivación y los retornos a los derechos de decisión,  $\alpha = \lambda = 1/3$ ,<sup>10</sup> se simulan otros dos casos para entender los cambios mencionados más arriba. La primera simulación considera un retorno motivacional más alto que los retornos a la delegación,  $\alpha = 2/5$  y  $\lambda = 1/5$ , mientras que la segunda simulación analiza lo contrario,  $\alpha = 1/4$  y  $\lambda = 1/2$ . Las Figuras D1 y D2 (disponibles en el *Apéndice D*) ilustran esos dos casos.

En el primer caso, se muestra que cuando los retornos a la motivación aumentan el espacio de optimización de la delegación jerárquica aumenta, pero requiere un retorno cooperativo más alto para ser implementado. Por otro lado, en el segundo caso, cuando los retornos a la toma de decisión aumentan, el área "A" disminuye (sin desaparecer) pero requiere menores retornos cooperativos para implementar delegación jerárquica.

## Conclusión

Uno de los temas centrales en el diseño organizacional es encontrar la manera óptima de coordinar las actividades en la organización mientras se motiva a diferentes partes que intervienen dentro de la organización. La intuición general y muchos estudios han mostrado que la centralización es mejor estructura organizacional para coordinar actividades, aunque puede disminuir los incentivos a nivel divisional. Actualmente, algunos estudios a través de argumentos tecnológicos han mostrado esta suerte de *trade-off* entre coordinación e incentivos no es necesariamente un problema, desde que las organizaciones descentralizadas con comunicación horizontal pueden lograr coordinación sin reducir incentivos a nivel divisional. Sin embargo, la descentralización puede proveer poderosos incentivos a nivel divisional, a costa de disminuir los incentivos en la cumbre de la organización. Por lo tanto, en este artículo se introducen incentivos en los dos niveles de la jerarquía organizacional, este *trade-off* entre coordinación y motivación se vuelve un poco más complejo de resolver que cuando los incentivos se tratan en un solo nivel.

Este artículo aborda el *trade-off* entre coordinación y motivación a través del estudio de la organización interna de una empresa comprendida por un propietario, un CEO y dos agentes a través de una perspectiva de incentivos. Los tres ingredientes clave de nuestro modelo son las externalidades entre los proyectos de las divisiones que pueden requerir coordinación, los incentivos al esfuerzo y la asignación sobre los derechos de decisión para la CEO y los dos agentes bajo

<sup>10</sup>Note que los resultados de la prueba son generados para diferentes valores de  $\alpha$  y  $\lambda$ .

contratos incompletos. Dependiendo de cómo se asigna la decisión de la autoridad sobre cada proyecto, se estudia una lista exhaustiva de todas las estructuras organizacionales posibles.

Se encontró que cuando las decisiones son controladas por el propietario, las únicas estructuras organizacionales implementadas son centralización, descentralización y autoridad cruzada. Centralización cuando la productividad de la CEO es mayor que la productividad de los agentes; descentralización cuando los efectos de coordinación y la productividad de la CEO sobre la productividad de los agentes son bajos y autoridad cruzada cuando los efectos cooperativos son mayores que los efectos motivacionales, pero la productividad de los agentes es mayor que la productividad de la CEO. Con contratos incompletos se obtienen nuevos resultados cuando la CEO es más productiva que los agentes. En este caso, dado que el propietario no es capaz de controlar a la parte que toma la decisión, en centralización la CEO, ella puede tomar la decisión que incremente sus propios beneficios. Como resultado, ella toma una decisión de subóptima (menos cooperativa que la necesaria) para toda la organización. El propietario puede anticipar este comportamiento estratégico y decide elegir una estructura organizacional con delegación jerárquica en la cual le otorga un derecho de decisión a un agente que esté dispuesto a cooperar (siguiendo sus propios intereses). De hecho, la delegación jerárquica aparece debido a un problema de riesgo moral en la toma de decisiones por parte de la CEO, como una estructura organizacional óptima e implementable en un entorno con contratos incompletos y esfuerzos y decisiones inobservables.

Este trabajo contribuye a la literatura al encontrar algunas condiciones desde los incentivos económicos bajo las cuales delegación jerárquica es óptima y, como consecuencia, mejor que otras estructuras organizacionales. Pero específicamente identifica los mecanismos de incentivos que hacen aparecer a la delegación jerárquica. Se consideran dos posibles extensiones: i) implementar un esquema de pago endógeno, y ii) analizar el problema de las carreras profesionales dentro de las firmas y si contratar a un CEO en el mercado en lugar de obtenerlo desde la organización, impacta en el mapa de optimalidad de la organización.

## Referencias

- Aghion, P. and Tirole, J. (1997). Formal and real authority in organizations. *Journal of political economy*, 105(1):1–29.
- Alchian, A. A. and Demsetz, H. (1972). Production, information costs, and economic organization. *The American economic review*, 62(5):777–795.
- Alonso, R., Dessein, W., and Matouschek, N. (2008). Centralization versus decentralization: An application to price setting by a multi-market firm. *Journal of the European Economic Association*, 6(2-3):457–467.
- Baker, G., Gibbons, R., and Murphy, K. J. (1999). Informal authority in organizations. *Journal of Law, Economics, and organization*, 15(1):56–73.
- Chandler, A. D. (1990). *Strategy and structure: Chapters in the history of the industrial enterprise*, volume 120. MIT press.
- Chandler, A. D. (1993). *The visible hand: The managerial revolution in American business*. Harvard University Press.

- Choe, C. and Ishiguro, S. (2008). On the (sub) optimality of multi-tier hierarchies: Coordination versus motivation. *Discussion paper 18/08, Monash University, Dept. of Economics, Osaka University*.
- Choe, C. and Ishiguro, S. (2011). On the optimality of multi-tier hierarchies: coordination versus motivation. *The Journal of Law, Economics, & Organization*, 28(3):486–517.
- Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *economica*, 4(16):386–405.
- Dessein, W. (2002). Authority and communication in organizations. *The Review of Economic Studies*, 69(4):811–838.
- Garicano, L. and Van Zandt, T. (2012). Hierarchies and the division of labor. *Robert Gibbons and John Roberts (ed.), The Handbook of Organizational Economics (2016)*.
- Gibbons, R., Roberts, J., et al. (2013). Economic theories of incentives in organizations. *The handbook of organizational economics*, pages 56–99.
- Grossman, S. J. and Hart, O. D. (1986). The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration. *Journal of political economy*, 94(4):691–719.
- Hart, O. and Moore, J. (2005). On the design of hierarchies: coordination versus specialization. *Journal of political Economy*, 113(4):675–702.
- Holmström, B. (1982). Moral hazard in teams. *The Bell Journal of Economics*, pages 324–340.
- Holmström, B. and Milgrom, P. (1991). Multitask principal-agent analyses: Incentive contracts, asset ownership, and job design. *Journal of Law, Economics, & Organization*, 7:24–52.
- Knight, F. H. (1996). Risk, uncertainty and profit. *Putterman, Louis and Kroszner, Randall S (ed.), The economic nature of the firm: A reader*.
- Kräkel, M. (2017). Authority and incentives in organizations. *The Scandinavian Journal of Economics*, 119(2):295–311.
- Mookherjee, D. (2006). Decentralization, hierarchies, and incentives: A mechanism design perspective. *Journal of Economic Literature*, 44(2):367–390.
- Rajan, R. G. and Zingales, L. (2001). The firm as a dedicated hierarchy: A theory of the origins and growth of firms. *The Quarterly Journal of Economics*, 116(3):805–851.
- Rantakari, H. (2008). Governing adaptation. *The Review of Economic Studies*, 75(4):1257–1285.
- Williamson, O. E. (1967). Hierarchical control and optimum firm size. *Journal of political economy*, 75(2):123–138.
- Williamson, O. E. (1975). Markets and hierarchies. *New York*.
- Williamson, O. E. (1981). The modern corporation: origins, evolution, attributes. *Journal of economic literature*, 19(4):1537–1568.

# Apéndice

## A. Pruebas Auxiliares

### Proposición 1: *First Best*

En el análisis de *First Best* el planificador social maximiza la función de bienestar  $W$  para cada conjunto de decisiones para obtener el esfuerzo óptimo en cada caso. Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = e_B = cq$  y  $e_M = 2kq$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = e_B = ch$  y  $e_M = 2kh$ . Si  $d_A = C$  y  $d_B = S$ ,  $e_A = cq$ ,  $e_B = ch$  y  $e_M = k(q + h)$ . El último caso, es el mismo que el anterior pero cambiando simétricamente los esfuerzos de los Agentes A y B.

Note que:

$$W(C, C) = (2k + c)q^2.$$

$$W(S, S) = (2k + c)h^2.$$

$$W(C, S) = \frac{k(h+q)^2 + c(h^2 + q^2)}{2}.$$

Primer caso:  $W(C, C) \geq W(S, S) \Leftrightarrow q/h \geq 1$ .

Segundo caso:  $W(C, C) \geq W(C, S) \Leftrightarrow q/h \geq 1$ .

Último caso:  $W(C, S) \geq W(S, S) \Leftrightarrow q/h \geq 1$ .

Como se puede ver,  $W(C, S)$  nunca será implementable, porque  $W(C, S)$  es mayor que  $W(S, S)$  cuando  $q/h \geq 1$ , pero al mismo tiempo cuando  $q/h \geq 1$ ,  $W(C, C)$  es mayor que  $W(C, S)$ . Como consecuencia, el planificador social implementa  $W(C, C)$  cuando  $q/h \geq 1$  y  $W(S, S)$  de lo contrario.

### Delegación concentrada

La intuición detrás de esta prueba es clara. Cuando  $k/c \geq 1/2$  la delegación concentrada como otras formas de delegación completa (descentralización y autoridad cruzada) es menos preferida que otras estructuras que ofrecen mejores incentivos para la CEO. Por otra parte, cuando  $k/c < 1/2$  no es una buena estrategia brindar todos los incentivos a un solo agente en lugar de dárselos a los dos porque la función de costo del esfuerzo es convexa. En consecuencia, el esfuerzo conjunto es más grande si se encuentra dividido por igual entre los dos agentes porque el costo del esfuerzo no se incrementa tan rápido como si todos los incentivos los tuviera un solo agente. El valor del incentivo para el agente más motivado no produce un incremento en el esfuerzo capaz de cubrir la caída del esfuerzo del otro agente debido a la forma de la función de costos del esfuerzo y, por lo tanto, el esfuerzo conjunto decrecerá.

Computando el valor de  $V_B$  de la estructura de delegación concentrada de la misma manera que las otras estructuras de organización.

$$V_B^{CD}(d_A, d_B | e^*) = \begin{cases} (4k\alpha + c\lambda)q^2 & \text{si } q/h \geq \sqrt{1 + \frac{2c\alpha}{4k\alpha + c\lambda}}, \\ (4k\alpha + c(2\alpha + \lambda))h^2 & \text{sino.} \end{cases} \quad (24)$$

Tenga en cuenta que delegación concentrada nunca es preferida a otras formas de estructuras organizacionales dominadas, entonces no es una alternativa valiosa. Comparando con descentralización cuando  $q/h$  es pequeño para todos los  $k/c$ :

$$V_B^D(S, S) \geq V_B^{CD}(S, S) \Leftrightarrow 2c\lambda h^2 \geq 0.$$

Como  $c, \lambda$  and  $h$  son mayores que 0, descentralización con  $d = (S, S)$  siempre domina delegación concentrada con el mismo conjunto de decisiones.

Comparando con delegación jerárquica cuando  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{2c\alpha}{4k\alpha + c\lambda}}$  para todo  $k, c > 0$ :

$$V_B^{HD}(C, C) \geq V_B^{CD}(C, C) \Leftrightarrow 2k\lambda q^2 \geq 0.$$

Como la delegación concentrada siempre está dominada por una estructura organizacional alternativa que no es óptima, no se tendrá en cuenta en este análisis.

### Lema

A partir de la proposición 8, la probabilidad de éxito en equilibrio en centralización es  $P_j = 2k(\alpha + \lambda)q$  para  $j = A, B$  si  $q \geq \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}h$  y  $P_j = [c\alpha + 2k(\alpha + \lambda)]h$  para  $j = A, B$  de lo contrario. Esta última probabilidad no depende de  $q$  y puede hacerse menor que uno eligiendo valores de  $c$  y  $k$  lo suficientemente pequeños. La probabilidad anterior es menor que uno si:

$$q < \frac{1}{2k\alpha + 2k\lambda}. \quad (\text{L1})$$

De la proposición 9, la probabilidad de éxito del equilibrio en descentralización es  $P_j = [2k\alpha + c(\alpha + \lambda)]h$  para  $j = A, B$ . Y esto puede hacerse menor que uno eligiendo valores suficientemente pequeños de  $c$  y  $k$ .

En delegación parcial, la Proposición 11 muestra que las probabilidades de éxito de equilibrio son tales que  $\max\{P_A; P_B\} = 2k(\alpha + \lambda)q$  si  $q \geq \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{(2\alpha + \lambda)^2}{\alpha(\alpha + 2\lambda)}}\right)h$ , y  $\max\{P_A; P_B\} = [k(2\alpha + \lambda) + c(\alpha + \lambda)]h$  de lo contrario. Esta última probabilidad no depende de  $q$  y se aplica el mismo argumento que en los casos anteriores. La primera es menor que uno si  $q < 1/(2k\lambda + 2k\alpha)$ , que se satisface si L1 es satisfecha.

En autoridad cruzada, la Proposición 10 muestra que la probabilidad de éxito de equilibrio es  $P_j = (c\lambda + 2k\alpha)q$  para  $j = A, B$  cuando  $q \geq \sqrt{\frac{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\alpha) - \frac{c\alpha^2}{2}}{(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\lambda) - \frac{c\lambda^2}{2}}}h$  y  $P_j = (c\alpha + 2k\alpha)h$  para  $j = A, B$  de lo contrario. Para la última, que no depende de  $q$  se aplica el mismo argumento que en los casos anteriores. La primera es menor que uno si  $q < 1/(c\lambda + 2k\alpha)$ , que se satisface si L2 es satisfecha

$$q < \frac{1}{2k\alpha + c\lambda}. \quad (\text{L2})$$

De la Proposición 12, la probabilidad de éxito de equilibrio en delegación jerárquica es tal que  $\max\{P_A; P_B\} = [k(2\alpha + \lambda) + c\lambda]q$  si  $q \geq \bar{\epsilon}h$ ,  $\max\{P_A; P_B\} = k(\alpha + \lambda)(h + q) + c\alpha h$  si  $\underline{\epsilon}h \leq q < \bar{\epsilon}h = \bar{q}$  y  $\max\{P_A; P_B\} = [k(2\alpha + \lambda) + c\alpha]h$  de lo contrario<sup>11</sup>. La última probabilidad puede hacerse menor que uno para valores pequeños de  $c$  y  $k$ . La segunda probabilidad puede hacerse menor a uno para valores pequeños de  $c, k$  y  $h$  reemplazando  $q$  por  $\bar{q} < q$  en  $\frac{1}{k(\alpha + \lambda)(h + \bar{q}) + c\alpha h}$  dado que  $q < \bar{q}$ . La primera probabilidad es menor a uno si

$$q < \frac{1}{2k\alpha + \lambda(c + k)}. \quad (\text{L3})$$

<sup>11</sup> $\underline{\epsilon}$  y  $\bar{\epsilon}$  provienen de la Proposition 12.

Así L1-L3 son condiciones suficientes para que las probabilidades de éxito de equilibrio sean menores que uno en cualquier organización si  $k$  y  $c$  son lo suficientemente pequeños. Combinando L1-L3 se prueba el Lema.

## B. Equilibrios en el entorno de *Benchmark*

### Proposición 3: Descentralización

En descentralización, cada agente tiene el derecho de decisión sobre su propio proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{AA} = X_{BB} = 1$ . Y las funciones de utilidad son las establecidas en la Ecuación 10.

Resolviendo por inducción hacia atrás, en el período 2 la CEO y cada agente maximizan sus funciones de utilidad dadas las decisiones  $d_A$  y  $d_B$ . Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = e_B = 0$  y  $e_M = 2k\alpha q$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = e_B = c(\alpha + \lambda)h$  y  $e_M = 2k\alpha h$ . Si  $d_A = C$  y  $d_B = S$ ,  $e_A = 0$ ,  $e_B = c(\alpha + \lambda)h$  y  $e_M = k\alpha(q + h)$ . El último caso es el mismo que el anterior, pero con los esfuerzos de los Agentes A y B cambiados simétricamente.

Después de eso, en el período 1 los agentes eligen una decisión cooperativa o egoísta para cada proyecto, considerando cuál es más conveniente para el propietario. Con el objetivo de decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente, los agentes necesitan comparar el valor de los beneficios para toda la organización bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, comparar  $V_B^{DE}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ .

Dado que  $d = (S, C)$  y  $d = (C, S)$  tiene el mismo valor de  $V_B$  para el propietario, se comparan 3 casos:  $d = (S, S)$ ,  $d = (C, S)$  y  $d = (C, C)$ . El elemento clave para elegir qué tipo de decisión será más beneficiosa dentro de la estructura organizacional, en este caso descentralización, es el ratio de beneficios cooperativos sobre incentivos motivacionales ( $q/h$ ).

$$V_B^{DE}(C, C|e^*) = 4k\alpha q^2.$$

$$V_B^{DE}(S, S|e^*) = 2(c(\alpha + \lambda) + 2k\alpha)h^2.$$

$$V_B^{DE}(C, S|e^*) = k\alpha(q + h)^2 + c(\alpha + \lambda)h^2.$$

$$\text{Primer caso: } V_B^{DE}(C, C|e^*) \geq V_B^{DE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{\frac{1}{2}\left(2 + \frac{c}{k}\frac{(\alpha+\lambda)}{\alpha}\right)}.$$

Segundo caso:  $V_B^{DE}(C, C|e^*) \geq V_B^{DE}(C, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{1}{3} + \frac{c}{k}\frac{\alpha+\lambda}{\alpha}\right)}$ , considerando sólo la raíz positiva.

Último caso:  $V_B^{DE}(C, S|e^*) \geq V_B^{DE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k}\frac{\alpha+\lambda}{\alpha}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

En los tres casos resueltos arriba  $\epsilon_1, \epsilon_2$  y  $\epsilon_3$  representan el mínimo excedente cooperativo necesario para cumplir con las condiciones.  $\epsilon_1$  representa la condición bajo la cual  $V_B^{DE}(C, C|e^*) \geq V_B^{DE}(S, S|e^*)$  y de la misma manera los otros. Es trivial que  $\epsilon_2 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_3$  y, consecuentemente, prueba que  $d = (C, C)$  es preferido sobre  $d = (C, S)$  bajo un excedente cooperativo muy pequeño. Adicionalmente,  $d = (C, S)$  requiere un superávit cooperativo  $\epsilon_3$  sobre  $d = (S, S)$  mayor que el excedente necesario para hacer  $d = (C, C)$  preferido sobre  $d = (S, S)$ . Finalmente,  $d = (C, S)$  es dominado y los únicos dos conjuntos de decisiones tomados son  $d = (C, C)$  y  $d = (S, S)$ .

### Proposición 4: Autoridad Cruzada

En autoridad cruzada, cada agente tiene el derecho de decisión sobre el otro proyecto:  $X_{MA} = X_{MB} = 0$  y  $X_{AB} = X_{BA} = 1$ . Y las funciones de utilidad son las establecidas en la Ecuación 11.

Resolviendo por inducción hacia atrás, en el período 2 la CEO y cada agente maximizan su función de utilidad dadas las decisiones  $d_A$  y  $d_B$ . Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = e_B = c\lambda q$  y  $e_M = 2k\alpha q$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = e_B = c\alpha h$  y  $e_M = 2k\alpha h$ . Si  $d_A = C$  y  $d_B = S$ ,  $e_B = c\alpha h$ ,  $e_A = c\lambda q$  y  $e_M = k\alpha(q + h)$ . El último caso es el mismo que el anterior, pero con los esfuerzos de los Agentes A y B cambiados simétricamente.

Después de eso, en el período 1 los agentes eligen la decisión cooperativa o egoísta para cada proyecto, considerando cuál es la más conveniente para el propietario. Para decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente, los agentes deben comparar el valor de los beneficios para toda la organización bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, para comparar  $V_B^{CA}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ .

Dado que  $d = (S, C)$  y  $d = (C, S)$  tiene el mismo valor de  $V_B$  para el propietario, se comparan 3 casos:  $d = (S, S)$ ,  $d = (C, S)$  y  $d = (C, C)$ . El elemento clave para elegir qué tipo de decisión será más beneficiosa dentro de la estructura organizacional, en este caso autoridad cruzada, es el ratio de beneficios cooperativos sobre incentivos motivacionales ( $q/h$ ).

$$V_B^{CA}(C, C|e^*) = 2(2k\alpha + c\lambda) q^2.$$

$$V_B^{CA}(S, S|e^*) = 2(2k\alpha + c\alpha) h^2.$$

$$V_B^{CA}(C, S|e^*) = k\alpha (h + q)^2 + c(\alpha h^2 + \lambda q^2).$$

$$\text{Primer caso: } V_B^{CA}(C, C|e^*) \geq V_B^{CA}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{\frac{2k\alpha + c\alpha}{2k\alpha + c\lambda}}.$$

Segundo caso:  $V_B^{CA}(C, C|e^*) \geq V_B^{CA}(C, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = \frac{1}{3k\alpha + c\lambda} (k\alpha + \sqrt{7k^2\alpha^2 + c^2\alpha\lambda + k\alpha c\lambda})$ , considerando sólo la raíz positiva.

Último caso:  $V_B^{CA}(C, S|e^*) \geq V_B^{CA}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{\frac{1}{(k\alpha + c\lambda)^2} + \frac{3k\alpha + c\lambda}{k\alpha + c\lambda}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

En los tres casos resueltos arriba  $\epsilon_1, \epsilon_2$  y  $\epsilon_3$  representan el excedente de cooperación mínimo necesario para cumplir con las condiciones.  $\epsilon_1$  representa la condición bajo la cual  $V_B^{CA}(C, C|e^*) \geq V_B^{CA}(S, S|e^*)$ , y lo mismo ocurre con los demás. Puede probarse que  $\epsilon_2 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_3$  y<sup>12</sup>, consecuentemente, demostrar que  $d = (C, C)$  es preferido a  $d = (C, S)$  bajo superávit cooperativo muy pequeño. Además,  $d = (C, S)$  requiere un excedente cooperativo  $\epsilon_3$  para superar a  $d = (S, S)$  mayor que el excedente necesario para hacer que  $d = (C, C)$  se prefiera a  $d = (S, S)$ . Finalmente,  $d = (C, S)$  será dominado y los únicos dos conjuntos de decisiones tomadas son  $d = (C, C)$  y  $d = (S, S)$ .

### Proposición 5: Delegación Parcial

En delegación parcial, la CEO tiene la decisión sobre el proyecto A y el Agente B sobre su propio proyecto (podría ser al revés simétricamente):  $X_{MA} = 1$ ,  $X_{MB} = 0$ ,  $X_{AA} = 0$  y  $X_{BB} = 1$ . Las funciones de utilidad son las establecidas en la Ecuación 12.

Resolviendo por inducción hacia atrás, en el período 2 la CEO y cada agente maximizan su función de utilidad dadas las decisiones  $d_A$  y  $d_B$ . Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = e_B = 0$  y  $e_M = k(2\alpha + \lambda)q$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = c\alpha h, e_B = c(\lambda + \alpha)h$  y  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Si  $d_A = C$  y  $d_B = S$ ,  $e_A = 0$ ,  $e_B = c(\lambda + \alpha)h$  y  $e_M = k\alpha(h + q)$ . En el último caso,  $d_A = S$  y  $d_B = C$ ,  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = 0$  y  $e_M = k(\alpha + \lambda)(h + q)$ .

<sup>12</sup>Bajo pedido, no es difícil de probar aunque la prueba es larga y poco práctica para mantener la atención de la audiencia. Además, es bastante fácil verificarlo con ejemplos numéricos.

Luego, en el período 1, la CEO y el Agente B toman la decisión cooperativa o egoísta para cada proyecto, considerando cuál es la más conveniente para el propietario. Para decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente, la CEO y el agente B necesitan comparar el valor de los beneficios para toda la organización bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, comparar  $V_B^{PD}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ .

$$V_B^{PD}(C, C|e^*) = 2k(2\alpha + \lambda)q^2.$$

$$V_B^{PD}(C, S|e^*) = k\alpha(h + q)^2 + c(\alpha + \lambda)h^2.$$

$$V_B^{PD}(S, C|e^*) = k(\alpha + \lambda)(h + q)^2 + c\alpha h^2.$$

$$V_B^{PD}(S, S|e^*) = (2k(2\alpha + \lambda) + c(2\alpha + \lambda))h^2.$$

Primer caso:  $V_B^{PD}(C, C|e^*) \geq V_B^{PD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{1 + \frac{c}{2k}}$ .

Segundo caso:  $V_B^{PD}(C, S|e^*) \geq V_B^{PD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = -1 + \sqrt{4 + \frac{2\lambda}{\alpha} + \frac{c}{k}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

Tercer caso:  $V_B^{PD}(S, C|e^*) \geq V_B^{PD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{2 + \frac{2\alpha}{\alpha + \lambda} + \frac{c}{k}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

Último caso:  $V_B^{PD}(C, C|e^*) \geq V_B^{PD}(S, C|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_4 = -\frac{\alpha + \lambda}{3\alpha + \lambda} + \sqrt{\left(\frac{\alpha + \lambda}{3\alpha + \lambda}\right)^2 + \frac{\alpha + \lambda}{3\alpha + \lambda} + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{3\alpha + \lambda}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

En los cuatro casos resueltos arriba  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  y  $\epsilon_4$  representan el excedente mínimo de los retornos de cooperación necesarios para que se cumplan las condiciones. Se puede demostrar que  $\epsilon_3 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_2$ ,<sup>13</sup> y en consecuencia probar que  $d = (C, S)$  es preferido respecto a  $d = (S, S)$  bajo un excedente cooperativo muy pequeño. Adicionalmente,  $d = (C, S)$  sobre  $d = (S, S)$  requiere un excedente cooperativo  $\epsilon_2$  mayor que el excedente necesario para que  $d = (C, C)$  sea mayor que  $d = (S, S)$ , por lo tanto,  $d = (C, S)$  será dominado. Dado que,  $\epsilon_4 \leq \epsilon_3$ , el propietario prefiere promover la toma de dos decisiones cooperativas bajo retornos a la cooperación más bajos que aquellos necesarios para promover  $d = (S, C)$ . Por lo tanto,  $d = (S, C)$  será dominado y los únicos conjuntos de decisiones tomados son  $d = (C, C)$  y  $d = (S, S)$ .

### Proposition 6: Delegación Jerárquica

En delegación jerárquica, la CEO tiene la decisión sobre el proyecto A y el Agente A sobre el proyecto B (podría ser al revés simétricamente):  $X_{MA} = 1$ ,  $X_{MB} = 0$  y  $X_{AB} = 1$ . Las funciones de utilidad son aquellas establecidas en la Ecuación 12.

Resolviendo por inducción hacia atrás, en el período 2 la CEO y cada agente maximizan su propia función de utilidad dadas las decisiones  $d_A$  y  $d_B$ . Si las dos decisiones son cooperativas  $d_A = d_B = C$ , entonces  $e_A = c\lambda q$ ,  $e_B = 0$  y  $e_M = k(2\alpha + \lambda)q$ . Si las dos decisiones son egoístas  $d_A = d_B = S$ , entonces  $e_A = e_B = c\alpha h$  y  $e_M = k(2\alpha + \lambda)h$ . Si  $d_A = C$  y  $d_B = S$ ,  $e_A = 0$ ,  $e_B = c\alpha h$  y  $e_M = k\alpha(h + q)$ . En el último caso,  $d_A = S$  y  $d_B = C$ ,  $e_A = c\alpha h$ ,  $e_B = 0$  y  $e_M = k(\alpha + \lambda)(h + q)$ .

After that, at time 1 the CEO and agent A choose the cooperative or selfish decision for each project, considering which is the most convenient for the owner. In order to decide which is the most convenient organizational structure, the CEO and agent A need to compare the profits value for the overall organization under each possible decision set, that is, to compare  $V_B^{HD}(d|e^*)$  for each  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ . Luego, en el período 1, la CEO y el Agente A eligen

<sup>13</sup>Bajo pedido, no es difícil de probar aunque la prueba es larga y poco práctica para mantener la atención de la audiencia. Además, es bastante fácil verificarlo con ejemplos numéricos.

decisiones cooperativas o egoístas para cada proyecto, considerando cuáles son las más convenientes para el propietario. Con el objetivo de decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente, la CEO y el agente A deben comparar el valor de los beneficios para toda la organización bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, para comparar  $V_B^{HD}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ .

$$V_B^{HD}(C, C|e^*) = (2k(2\alpha + \lambda) + c\lambda)q^2.$$

$$V_B^{HD}(C, S|e^*) = k\alpha(h + q)^2 + c\alpha h^2 + c\lambda q^2.$$

$$V_B^{HD}(S, C|e^*) = k(\alpha + \lambda)(h + q)^2 + c\alpha h^2.$$

$$V_B^{HD}(S, S|e^*) = (2k(2\alpha + \lambda) + 2c\alpha)h^2.$$

$$\text{Primer caso: } V_B^{HD}(C, C|e^*) \geq V_B^{HD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{\frac{2k(2\alpha + \lambda) + 2c\alpha}{2k(2\alpha + \lambda) + c\lambda}}.$$

$$\text{Segundo caso: } V_B^{HD}(C, S|e^*) \geq V_B^{HD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = -\frac{-\alpha k}{k\alpha + c\lambda} + \sqrt{\left(\frac{\alpha k}{k\alpha + c\lambda}\right)^2 + \frac{k(3\alpha + \lambda + c\alpha)}{k\alpha + c\lambda}},$$

*considerando sólo la raíz positiva.*

$$\text{Tercer caso: } V_B^{HD}(S, C|e^*) \geq V_B^{HD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{2 + \frac{2\alpha}{\alpha + \lambda} + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}},$$

*considerando sólo la raíz positiva.*

$$\text{Último caso: } V_B^{HD}(C, C|e^*) \geq V_B^{HD}(S, C|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_4 =$$

$$= \frac{1}{k(1 + \alpha) + c\lambda} \left( (k(\alpha + \lambda) + \sqrt{k^2(\alpha + \lambda)^2 + [k(\alpha + \lambda) + c\alpha][k(1 + \alpha) + c\lambda]}), \text{ considerando sólo la raíz positiva.} \right)$$

En los cuatro casos resueltos  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  y  $\epsilon_4$  representan el excedente mínimo de los retornos de cooperación necesarios para cumplir con las condiciones. Puede demostrarse que  $\epsilon_3 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_4 \leq \epsilon_2$ ,<sup>14</sup> y en consecuencia demostrar que  $d = (S, C)$  es preferida a  $d = (S, S)$  bajo excedente cooperativo muy pequeño. Adicionalmente,  $d = (C, S)$  sobre  $d = (S, S)$  requiere un excedente cooperativo  $\epsilon_3$  mayor que el excedente necesario para hacer  $d = (C, C)$  preferido sobre  $d = (S, S)$ , por lo tanto,  $d = (C, S)$  será dominado. En consecuencia, los conjuntos de decisiones implementados son  $d = (S, S)$ ,  $d = (S, C)$  y  $d = (C, C)$ .

### Proposición 7

Se particiona el rango de  $q/h \in (0, Z/h)$  en tres regiones: (i)  $q/h \in [0, 1]$  donde los retornos a la cooperación son menor o igual que los retornos motivacionales,  $q/h \in (1, \sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha + \lambda)}})$  donde el límite superior es el umbral bajo el cual  $V_B^{CE}(C, C) > V_B^{CE}(S, S)$ , y (iii)  $q \in [\sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha + \lambda)}}, Z/h)$ .

Considere primero el caso (i). A partir del equilibrio de los beneficios esperados totales derivados arriba, se tiene  $V_B^{CE}(S, S) - V_B^{PD}(S, S) = V_B^{PD}(S, S) - V_B^{DE}(S, S) = (2k - c)\lambda h^2 > 0$  si y solo si  $k/c > 1/2$ . También es sencillo ver que  $V_B^{DE}(S, S) > V_B^{CA}(S, S)$  y  $V_B^{PD}(S, S) > V_B^{HD}(S, S)$ . Se sigue entonces que centralización es óptima si  $k > c/2$  y descentralización es óptima de lo contrario.

Considere el caso (ii). Las únicas estructuras organizacionales que cambian sus decisiones son delegación jerárquica y autoridad cruzada, entonces son los únicos que deben ser comparados con descentralización y centralización. Suponga primero que  $k/c \geq 1/2$ ,  $V_B^{CE}(S, S) > V_B^{CA}(C, C)$  si y solo si  $q/h < \sqrt{\frac{2k(\alpha + \lambda) + c\alpha}{2k\alpha + c\lambda}}$ , note que este ratio es más grande que el límite del caso considerado. Adicionalmente,  $V_B^{CE}(S, S) > V_B^{HD}(S, C)$  si y solo si  $q/h < -1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$ , que también es mayor

<sup>14</sup>Bajo pedido, no es difícil de probar aunque la prueba es larga y poco práctica para mantener la atención de la audiencia. Además, es bastante fácil verificarlo con ejemplos numéricos.

que el límite. Como consecuencia,  $V_B^{CE}(S, S)$  sigue siendo óptimo si  $k/c \geq 1/2$ . Ahora suponga que  $k/c < 1/2$ ,  $V_B^{CA}(C, C) > V_B^{DE}(S, S)$  si y solo si  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c\alpha}{c\lambda + 2k\alpha}}$ , y  $V_B^{HD}(S, C) > V_B^{DE}(S, S)$  si y solo si  $q/h \geq -1 + \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{(\alpha + 2\lambda)}{(\alpha + \lambda)} + \frac{(3\alpha - \lambda)}{(\alpha + \lambda)}}$ . Tenga en cuenta que autoridad cruzada necesita menores retornos cooperativos sobre retornos motivacionales que delegación jerárquica. Finalmente,  $V_B^{CA}(C, C) > V_B^{HD}(S, C)$  si y solo si  $q/h \geq \frac{k(\alpha + \lambda)}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda} + \sqrt{\left(\frac{k(\alpha + \lambda)}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda}\right)^2 + \frac{k(\alpha + \lambda) + c\alpha}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda}}$ , que es más bajo que el umbral  $q/h$  para  $V_B^{HD}(S, C) > V_B^{DE}(S, S)$ . Como consecuencia, descentralización es óptima si  $\epsilon_{B2} = q/h < \sqrt{1 + \frac{c\alpha}{c\lambda + 2k\alpha}}$  y autoridad cruzada de lo contrario.

Finalmente, considere el caso (iii). El límite inferior es el umbral bajo el cual  $V_B^{CE}(S, S)$  cambia a  $V_B^{CE}(C, C)$ , a este ratio se lo llama  $\epsilon_{B1} = \sqrt{1 + \frac{c}{2k} \frac{\alpha}{(\alpha + \lambda)}}$ . Las otras estructuras organizacionales que cambian las decisiones son delegación jerárquica, delegación parcial y descentralización, las tres toman decisiones cooperativas para los dos proyectos. Es trivial que  $V_B^{HD}(C, C) > V_B^{PD}(C, C) > V_B^{DE}(C, C)$ . Por lo tanto, delegación parcial y descentralización con dos decisiones cooperativas son dominadas. Adicionalmente,  $V_B^{CE}(C, C) - V_B^{HD}(C, C) = V_B^{HD}(C, C) - V_B^{CA}(C, C) = (2k - c)\lambda q^2$ . Entonces si  $k/c \geq 1/2$ , centralización con dos decisiones cooperativas es óptima, mientras que autoridad cruzada con dos decisiones cooperativas es óptima de lo contrario.

Se sigue que cuando  $k/c \geq 1/2$ , sólo hay una estructura organizacional óptima: centralización (en la cual la CEO elige  $d = (C, C)$  cuando  $q/h > \epsilon_{B1}$  o  $d = (S, S)$  de lo contrario). Cuando  $k/c < 1/2$ , descentralización con  $d = (S, S)$  se elige cuando  $q/h < \epsilon_{B2}$  o autoridad cruzada con  $d = (C, C)$  en caso contrario.

## C. Equilibrios en el entorno del modelo

En esta subsección, el único paso que cambia en comparación con los equilibrios de *benchmark* es el paso en  $t_1$  en el cual el individuo a cargo de tomar la decisión elige la más conveniente para sí mismo de acuerdo con su función de utilidad.

### Proposición 8: Centralización

Los niveles de esfuerzo son los mismos que los calculados en el *Apéndice B: centralización*. Sin embargo, el individuo a cargo de la toma de decisión tiene en cuenta su propia función de utilidad para decidir dentro de este entorno en  $t_1$ . En el período 1, la CEO elige una decisión cooperativa o egoísta para cada proyecto. Con el objetivo de decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente para sí misma necesita comparar su propia función de utilidad bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, comparar  $U_M^{CE}(d|e^*)$  para  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ . Dado que  $d = (S, C)$  y  $d = (C, S)$  tiene el mismo valor  $U_M^{CE}$  para la CEO, se comparan 3 casos:  $d = (S, S)$ ,  $d = (C, S)$  y  $d = (C, C)$ . La función de utilidad para la manager en cada caso es:

$$U_M^{CE}(C, C|e^*) = 2k(\alpha + \lambda) q^2.$$

$$U_M^{CE}(S, S|e^*) = 2k(\alpha + \lambda) h^2 + 2c\alpha(\alpha + \lambda)h^2.$$

$$U_M^{CE}(C, S|e^*) = \frac{k(\alpha + \lambda)(h + q)^2}{2} + c\alpha(\alpha + \lambda)h^2.$$

$$\text{Primer caso: } U_M^{CE}(C, C|e^*) \geq U_M^{CE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}.$$

Segundo caso:  $U_M^{CE}(C, C|e^*) \geq U_M^{CE}(C, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{2}{3} \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

Último caso:  $U_M^{CE}(C, S|e^*) \geq U_M^{CE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow (q/h) \geq \epsilon_3 = -1 + \sqrt{4 + \frac{2c}{k} \frac{\alpha}{\alpha+\lambda}}$ , considerando sólo la raíz positiva.

En los tres casos resueltos arriba  $\epsilon_1, \epsilon_2$  y  $\epsilon_3$  representan el excedente mínimo de cooperación necesario para cumplir las condiciones.  $\epsilon_1$  representa la condición bajo la cual  $U_M^{CE}(C, C|e^*) \geq U_M^{CE}(S, S|e^*)$ , y lo mismo para los otros. Es trivial que  $\epsilon_2 \leq \epsilon_1 \leq \epsilon_3$ , y consecuentemente se prueba que  $d = (C, C)$  es preferida a  $d = (C, S)$  bajo un excedente cooperativo muy pequeño. Adicionalmente,  $d = (C, S)$  requiere un excedente cooperativo  $\epsilon_3$  sobre  $d = (S, S)$  mayor que el excedente necesario para hacer que  $d = (C, C)$  se prefiera a  $d = (S, S)$ . Finalmente,  $d = (C, S)$  será dominado y los dos únicos dos conjuntos de decisiones tomadas son  $d = (C, C)$  y  $d = (S, S)$ .

### Proposición 9: Descentralización

Los niveles de esfuerzo son los mismos que los calculados en el *Apéndice B: descentralización*. Sin embargo, cada agente tiene en cuenta su propia función de utilidad para tomar la decisión en este entorno en el periodo  $t_1$ . Por lo tanto, tenga en cuenta que cada agente toma la decisión  $S$  o  $C$  en el mismo momento, dado que tienen la misma función de utilidad. Como consecuencia, sólo hay dos conjuntos de decisiones implementables  $d = (S, S)$  o  $d = (C, C)$ . La función de utilidad para cada agente  $j$  en cada caso es:

$$U_j^{DE}(C, C|e^*) = (\alpha + \lambda) 2k\alpha q^2.$$

$$U_j^{DE}(S, S|e^*) = (\alpha + \lambda) 2k\alpha h^2 + \frac{c(\alpha+\lambda)^2 h^2}{2}.$$

Como consecuencia:

$$U_j^{DE}(C, C|e^*) \geq U_j^{DE}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \sqrt{1 + \frac{1}{4} \frac{c}{k} \frac{(\alpha+\lambda)}{\alpha}}.$$

### Proposición 10: Autoridad Cruzada

Los niveles de esfuerzo son los mismos que los calculados en el *Apéndice B: autoridad cruzada*. Sin embargo, cada agente tiene en cuenta su propia función de utilidad para tomar la decisión en este entorno en el periodo  $t_1$ . Por lo tanto, tenga en cuenta que cada agente toma la decisión  $S$  o  $C$  en el mismo momento, debido a que tienen la misma función de utilidad. Como consecuencia, solo hay dos conjuntos de decisiones implementables  $d = (S, S)$  o  $d = (C, C)$ . La función de utilidad para cada agente  $j$  en cada caso es:

$$U_j^{CA}(C, C|e^*) = [(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\lambda) - \frac{c\lambda^2}{2}] q^2.$$

$$U_j^{CA}(S, S|e^*) = [(\alpha + \lambda)(2\alpha k + c\alpha) - \frac{c\alpha^2}{2}] h^2.$$

Como consecuencia:

$$U_j^{CA}(C, C|e^*) \geq U_j^{CA}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \sqrt{\frac{(\alpha+\lambda)(2\alpha k+c\alpha) - \frac{c\alpha^2}{2}}{(\alpha+\lambda)(2\alpha k+c\lambda) - \frac{c\lambda^2}{2}}}.$$

### Proposición 11: Delegación Parcial

Los niveles de esfuerzo son los mismos que los calculados en el *Apéndice B: delegación parcial*. Sin embargo, la persona a cargo de la toma de decisiones tiene en cuenta su propia función de utilidad para tomar la decisión en este entorno en el período  $t_1$ . En el período 1, la CEO y el agente B toman decisiones cooperativas o egoístas para cada proyecto. Para decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente para ellos, la CEO y el agente B necesitan comparar su propia utilidad bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, comparar  $U_M^{PD}(d|e^*)$  y  $U_B^{PD}(d|e^*)$

para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ . La función de utilidad para la manager en cada caso es:

$$\begin{aligned} U_M^{PD}(C, C|e^*) &= \frac{k(2\alpha+\lambda)^2}{2} q^2. \\ U_M^{PD}(S, S|e^*) &= \frac{k(2\alpha+\lambda)^2}{2} h^2 + c(2\alpha + \lambda)^2 h^2. \\ U_M^{PD}(C, S|e^*) &= \frac{k\alpha^2(h+q)^2}{2} + c\alpha(\alpha + \lambda)h^2. \end{aligned}$$

La función de utilidad para el agente B en cada caso es:

$$\begin{aligned} U_B^{PD}(C, C|e^*) &= k(\alpha + \lambda)(2\alpha + \lambda) q^2. \\ U_B^{PD}(S, S|e^*) &= k(\alpha + \lambda)(2\alpha + \lambda) h^2 + \frac{c(\alpha+\lambda)^2 h^2}{2}. \\ U_B^{PD}(S, C|e^*) &= 0. \\ U_B^{PD}(C, S|e^*) &= k\alpha(\alpha + \lambda)(h + q)^2 + \frac{c(\alpha+\lambda)^2 h^2}{2}. \end{aligned}$$

Observe que  $d = (S, C)$  no será implementada, porque el agente B en cualquier otro conjunto de decisiones tiene utilidad positiva mientras que con  $d = (S, C)$  tiene utilidad cero. Por lo tanto, él nunca tomará una decisión cooperativa cuando la CEO tome una decisión egoísta. La CEO implementará  $d = (C, S)$  cuando:

$$\text{Primer caso: } U_M^{PD}(C, S|e^*) \geq U_M^{PD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = -1 + \sqrt{4 + \frac{2c}{\alpha k} + \frac{4\alpha\lambda + \alpha^2}{\alpha^2}}.$$

El agente B toma una decisión cooperativa en lugar de una egoísta cuando la utilidad del conjunto de decisiones  $d = (C, C)$  sea mayor que la utilidad de  $d = (C, S)$ . Como consecuencia, el agente B elige una decisión cooperativa cuando:

$$\text{Segundo caso: } U_B^{PD}(C, C|e^*) \geq U_B^{PD}(C, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = \frac{\alpha}{\alpha+\lambda} + \sqrt{\frac{\alpha^2}{(\alpha+\lambda)^2} + \frac{c}{2k}}.$$

Note que  $\epsilon_1 > \epsilon_2$  pero tenga en cuenta que el agente B nunca tomará una decisión cooperativa cuando la manager elige una egoísta. Como consecuencia, el agente B tomará una decisión cooperativa cuando él sepa que la CEO también toma una decisión cooperativa. Finalmente, el conjunto de decisiones  $d = (C, C)$  se implementará cuando  $q/h \geq \epsilon_1$  y  $d = (C, S)$  será dominado.

## Proposición 12: Delegación Jerárquica

Los niveles de esfuerzo son los mismos que los calculados en el *Apéndice B: delegación jerárquica*. Sin embargo, cada agente toma en cuenta su propia función de utilidad para tomar la decisión en este entorno en  $t_1$ . En el período 1, la CEO y el agente A eligen decisiones cooperativas o egoístas para cada proyecto. Para decidir cuál es la estructura organizacional más conveniente para ellos mismos, la CEO y el agente A deben comparar su propia función de utilidad bajo cada conjunto posible de decisiones, es decir, comparar utilidad de  $U_M^{HD}(d|e^*)$  y  $U_A^{HD}(d|e^*)$  para cada  $d \in \{(S, S), (S, C), (C, S), (C, C)\}$ . La función de utilidad para la manager en cada caso es:

$$\begin{aligned} U_M^{HD}(C, C|e^*) &= \frac{k(2\alpha+\lambda)^2}{2} q^2 + c\alpha\lambda q^2. \\ U_M^{HD}(C, S|e^*) &= \frac{k\alpha^2(h+q)^2}{2} + c\alpha^2 h^2. \\ U_M^{HD}(S, C|e^*) &= \frac{k(\alpha+\lambda)^2(h+q)^2}{2} + c\alpha(\alpha + \lambda)h^2. \\ U_M^{HD}(S, S|e^*) &= \frac{k(2\alpha+\lambda)^2}{2} h^2 + c\alpha(2\alpha + \lambda)h^2. \end{aligned}$$

La función de utilidad para el agente A en cada caso es:

$$U_A^{HD}(C, C|e^*) = k(\alpha + \lambda)(2\alpha + \lambda) q^2 + \frac{c\lambda^2 q^2}{2}.$$

$$U_A^{HD}(S, C|e^*) = k\alpha\lambda(h+q)^2 + \frac{c\lambda^2q^2}{2} + c\lambda\alpha h^2.$$

$$U_A^{HD}(C, S|e^*) = k\alpha(\alpha+\lambda)(h+q)^2 + \frac{c\alpha^2h^2}{2}.$$

$$U_A^{HD}(S, S|e^*) = k(\alpha+\lambda)(2\alpha+\lambda)h^2 + c\alpha\lambda h^2 + \frac{c\alpha^2h^2}{2}.$$

La gerente y el agente A deben decidir si cambian o no una decisión egoísta por una cooperativa. Como consecuencia, la CEO necesita elegir entre dos conjuntos de decisiones  $d = (S, S)$  o  $d = (C, S)$ . Al mismo tiempo, el agente A debe elegir entre  $d = (S, C)$  o  $d = (S, S)$ . La CEO implementará  $d = (C, S)$  cuando:

$$\text{Primer caso: } U_M^{HD}(C, S|e^*) \geq U_M^{HD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_1 = -1 + \sqrt{4 + \frac{4\alpha\lambda + \lambda^2}{\alpha^2} + \frac{2c}{k} \frac{\alpha + \lambda}{\alpha}}.$$

El agente A tomará una decisión cooperativa en lugar de una egoísta, por lo tanto, él implementará  $d = (S, C)$  cuando:

$$\text{Segundo caso: } U_A^{HD}(S, C|e^*) \geq U_A^{HD}(S, S|e^*) \Leftrightarrow q/h \geq \epsilon_2 = -1 + \sqrt{2 + \frac{\lambda}{\alpha} + \frac{c}{k} \frac{\alpha\lambda}{\alpha(\alpha+\lambda)}}.$$

Note que  $\epsilon_1 > \epsilon_2$ , entonces el agente A tomará una decisión cooperativa bajo retornos cooperativos sobre motivacionales menores que la CEO. Luego,  $d = (C, S)$  no será implementada y la CEO tomará una decisión cooperativa  $d = (C, C)$  cuando sea más conveniente para ella misma que  $d = (S, C)$ :

$$\begin{aligned} &\text{Tercer caso: } U_M^{HD}(C, C|e^*) \geq U_M^{HD}(S, C|e^*) \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow &q/h \geq \epsilon_3 = \frac{k(\alpha+\lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha+2\lambda)+2c\lambda]} + \sqrt{\left(\frac{k(\alpha+\lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha+2\lambda)+2c\lambda]}\right)^2 + \frac{k(\alpha+\lambda)^2}{\alpha[k(3\alpha+2\lambda)+2c\lambda]} + \frac{2c(\alpha+\lambda)}{k(3\alpha+2\lambda)+2c\lambda}}. \end{aligned}$$

Como consecuencia, el agente A toma una decisión cooperativa sobre una egoísta cuando  $q/h \geq \epsilon_2$  y la CEO elige una decisión cooperativa sobre una egoísta cuando  $q/h \geq \epsilon_3$  y hay tres conjuntos de decisiones implementables,  $d = (S, S)$ ,  $d = (S, C)$  y  $d = (C, C)$ .

### Proposición 13

En esta prueba se usa la misma estrategia que en la proposición 7. Se particiona el rango de  $q/h \in (0, Z/h)$  en tres regiones: (i)  $q/h \in [0, 1]$  donde los retornos cooperativos son menores o iguales que los retornos motivacionales, (ii)  $q/h \in (1, \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha+\lambda}})$  donde el límite superior es el umbral bajo el cual centralización con  $d = (C, C)$  es implementado sobre centralización con  $d = (S, S)$  y (iii)  $q/h \in [\sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha+\lambda}}, Z/h)$ .

Note que el primer caso (i), sigue siendo el mismo ya que los valores  $V^y$  de las empresas no han cambiado a pesar de que los umbrales de decisión sí han cambiado. Se deduce que centralización es óptima si  $k > c/2$  y descentralización es óptima de lo contrario.

Considere el siguiente caso (ii). Como en benchmark, las únicas estructuras organizacionales que cambian sus decisiones son delegación jerárquica y autoridad cruzada, por lo que son las únicas que necesitan ser comparadas con descentralización y centralización. Note que cuando  $k/c < 1/2$ ,  $V^{CA}(C, C) > V^{DE}(S, S)$  si y solo si  $q/h \geq \sqrt{1 + \frac{c\alpha}{c\lambda+2k\alpha}}$  y  $V^{HD}(S, C) > V^{DE}(S, S)$  si y solo si  $q/h \geq -1 + \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{(\alpha+2\lambda)}{(\alpha+\lambda)} + \frac{(3\alpha-\lambda)}{(\alpha+\lambda)}}$ . Note que autoridad cruzada necesita menos retornos cooperativos sobre retornos motivacionales que delegación jerárquica<sup>15</sup>. Finalmente,  $V^{CA}(C, C) > V^{HD}(S, C)$  si y solo si  $q/h \geq \frac{k(\alpha+\lambda)}{k(3\alpha-\lambda)+2c\lambda} + \sqrt{\left(\frac{k(\alpha+\lambda)}{k(3\alpha-\lambda)+2c\lambda}\right)^2 + \frac{k(\alpha+\lambda)+c\alpha}{k(3\alpha-\lambda)+2c\lambda}}$ , que es menor que

<sup>15</sup>Se considera que el ratio  $q/h$  necesario en descentralización para cambiar el conjunto de decisiones de  $d = (S, S)$  a  $d = (C, C)$  es mayor que el límite superior de esta región. Entonces, implícitamente se está considerando que  $3\alpha^2 - 2\alpha\lambda - \lambda^2 > 0$ . Sin embargo, tenga en cuenta que al considerar la comparación entre  $V^{CA}(C, C)$  y  $V^{DE}(C, C)$ ,  $V^{CA}(C, C) > V^{DE}(C, C), \forall q/h \geq 1$

el umbral  $q/h$  para  $V^{HD}(S, C) > V^{DE}(S, S)$ . Como consecuencia, descentralización es óptima si  $\epsilon_{B2} = q/h < \sqrt{1 + \frac{c\alpha}{c\lambda + 2k\alpha}}$  y autoridad cruzada de lo contrario, como en el caso *benchmark*.

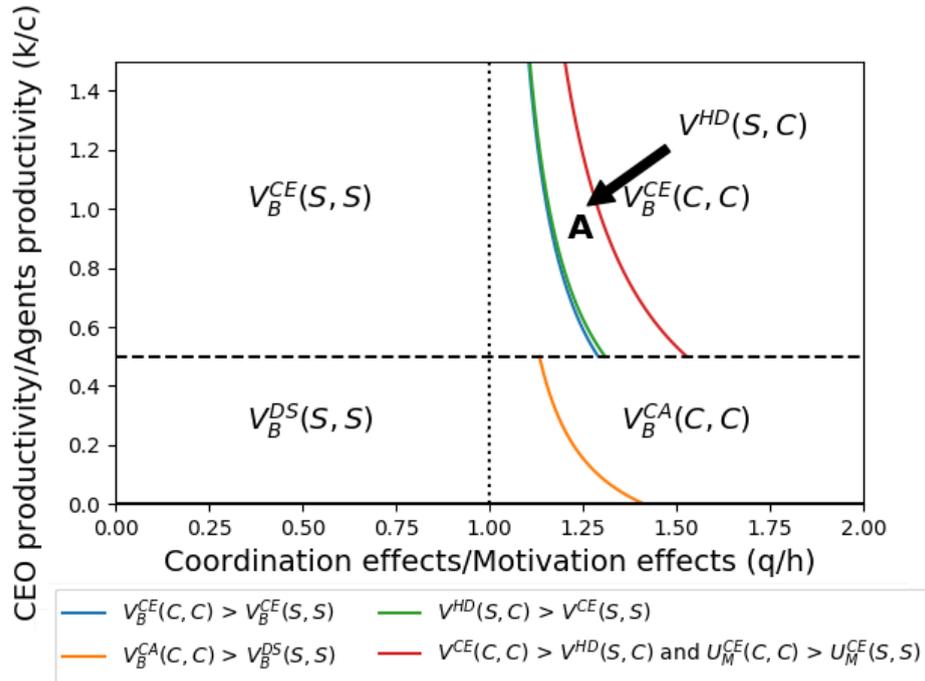
Suponga  $k/c \geq 1/2$ ,  $V^{HD}(S, C) > V^{CE}(S, S)$  si y solo si  $-1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}} \leq q/h < \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$ . Adicionalmente  $V^{CA}(C, C) > V^{HD}(S, C)$  si y solo si  $q/h \geq \frac{k(\alpha + \lambda)}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda} + \sqrt{\left(\frac{k(\alpha + \lambda)}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda}\right)^2 + \frac{k(\alpha + \lambda) + c\alpha}{k(3\alpha - \lambda) + 2c\lambda}}$ , que para este valor de  $k/c$  es mayor que el límite superior de esta región. Como consecuencia,  $V_B^{CE}(S, S)$  sigue siendo óptimo hasta que  $q/h < -1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$  si  $k/c \geq 1/2$ , pero delegación jerárquica aparece como una estructura organizacional óptima cuando  $\epsilon_{M1} = -1 + \sqrt{4 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}} \leq q/h < \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$ .

Finalmente, considere el caso (iii). El límite inferior es el umbral bajo el cual la CEO elige  $d = (C, C)$  sobre  $d = (S, S)$ , a este ratio se le llama  $\epsilon_{M2} = \sqrt{1 + \frac{c}{k} \frac{\alpha}{\alpha + \lambda}}$ . Los resultados en esta región siguen siendo iguales a los de la prueba de *benchmark*. Entonces, la centralización con dos decisiones cooperativas es óptima si  $k/c \geq 1/2$  mientras que autoridad cruzada con dos decisiones cooperativas es óptima en caso contrario.

Se deduce que cuando  $k/c \geq 1/2$  el propietario elige centralización con  $d = (S, S)$  cuando  $q/h < \epsilon_{M1}$ , luego elige delegación jerárquica con  $d = (C, S)$  cuando  $\epsilon_{M1} < q/h < \epsilon_{M2}$  y centralización con  $d = (C, C)$  cuando  $q/h \geq \epsilon_{M2}$ . Cuando  $k/c < 1/2$ , los resultados de *benchmark* se mantienen sin modificaciones, descentralización con  $d = (S, S)$  será elegida cuando  $q/h < \epsilon_{B2}$  o autoridad cruzada con  $d = (C, C)$  de lo contrario.

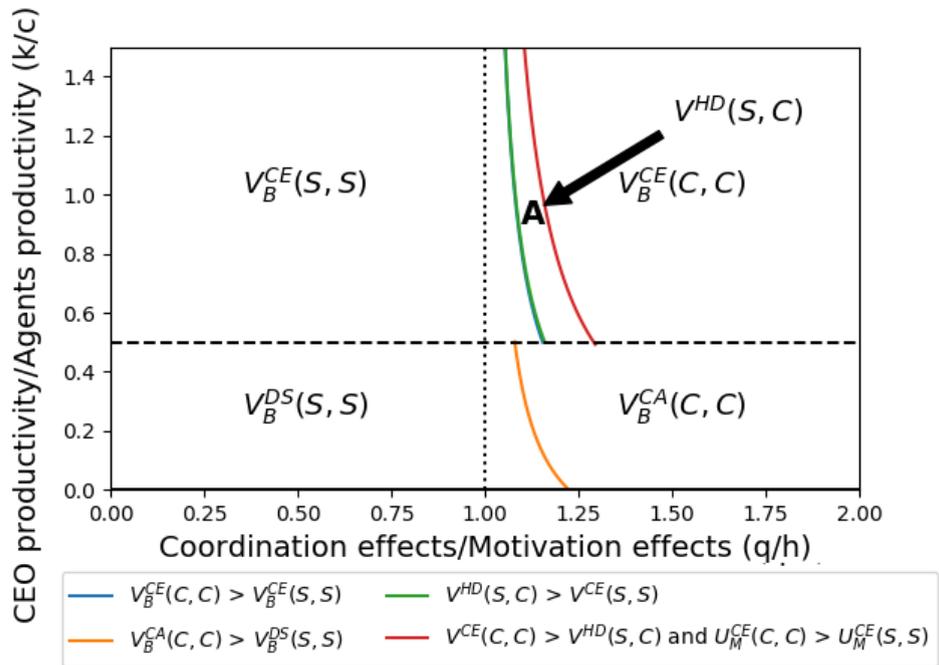
## D. Simulaciones

Figura D1: Simulación 1



Nota: la figura considera parámetros  $\alpha = 2/5$ ,  $\lambda = 1/5$  y  $h = c = 1$  como ejemplo.

Figura D2: Simulación 2



Nota: la figura considera parámetros  $\alpha = 1/4$ ,  $\lambda = 1/2$  y  $h = c = 1$  como ejemplo.