

El Diagrama de Red Organizacional: La Empresa como Red

Compleja

Resumen:

Tradicionalmente la organización de la Empresa se ha esquematizado a través del organigrama. Esta herramienta muestra las relaciones jerárquicas de jefe-subordinado, pero falla en presentar las interacciones que existen entre los distintos puestos de trabajo. Además, no considera a la Empresa como el sistema complejo que es. Este artículo propone el uso de redes complejas como herramienta para representar las conexiones internas que se dan en la organización. Beiró (2008) señala que los sistemas complejos se encuentran formados por entes independientes interrelacionados, surgiendo de ellos un comportamiento en común, por lo que es muy factible que un sistema complejo pueda ser representado a través de una red compleja siempre y cuando muestren las siguientes características:

1. Comportamiento emergente: la capacidad de lograr una complejidad a través de la integración de vínculos relativamente simples.
2. Una distribución libre de escala: donde no todos los nodos tienen el mismo número de conexiones, formándose cúmulos o clusters de nodos.

Palabras clave: Organigrama, Complejidad, Red Compleja

Objetivos de la Investigación:

1. Objetivo 1: Analizar la complejidad organizacional de los sistemas empresariales
2. Objetivo 2: Diseñar una herramienta que permita plasmar la complejidad de una organización.
3. Objetivo 3: Comparar las herramientas clásicas de organización con la nueva herramienta propuesta

Metodología:

La investigación contó con las siguientes etapas:

1. Estudio y evaluación de las herramientas organizacionales en una empresa de tecnología peruana
2. Diseño de nuevas herramientas que permitan plasmar la complejidad organizacional
3. Implementación de las nuevas herramientas en una empresa de tecnología peruana

Introducción: Del Organigrama a la Red Compleja:

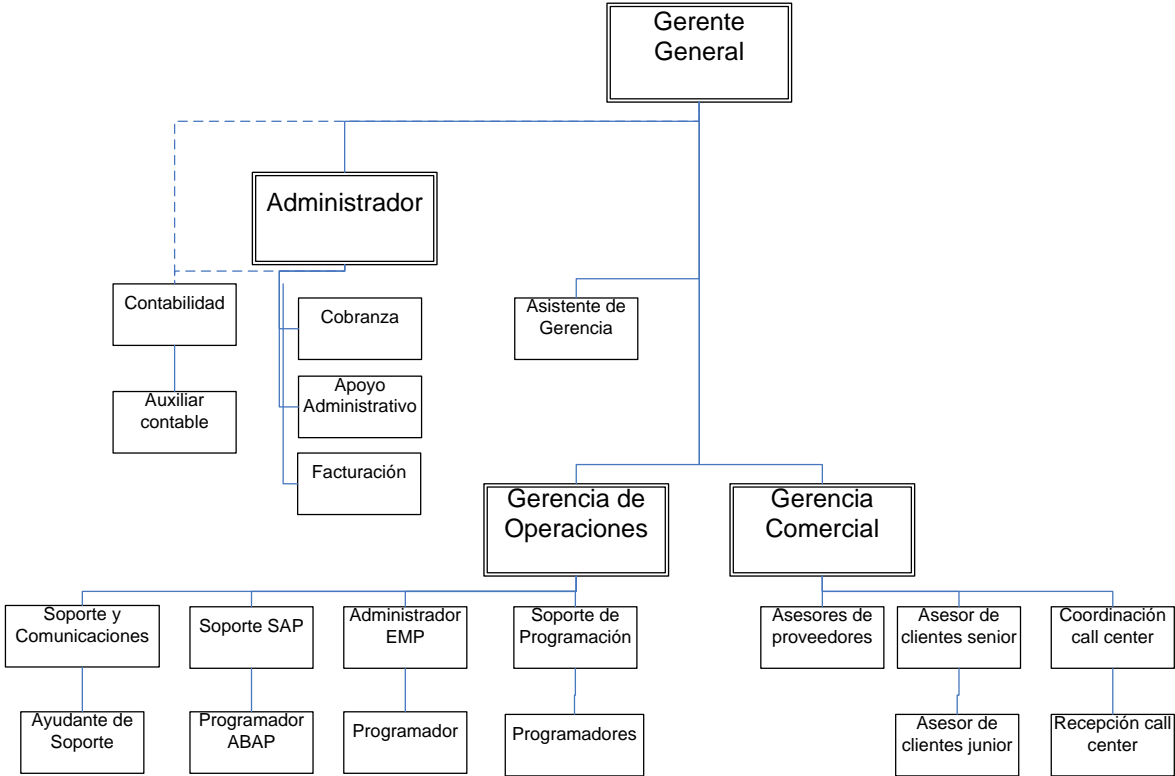
El organigrama tradicional muestra únicamente las relaciones verticales entre jefe y subordinado. Es muy útil para ubicar a cada trabajador dentro de la jerarquía de la Empresa, pero no aporta mayor información al usuario, además de a quién debe reportarse y quienes se reportan a él. En un sistema complejo, esta información es insuficiente, ya que según las

características mencionadas previamente, las interrelaciones entre los componentes de un sistema complejo son más importantes que los componentes en sí. Para ello es necesario un nuevo enfoque de la herramienta el cual muestre las interrelaciones entre los elementos de la estructura de la organización.

La Figura 1 muestra el Organigrama Funcional de una Empresa peruana del sector tecnológico, la cual se trabajará a modo de ejemplo para ilustrar las diferencias entre un esquema organizacional clásico y un esquema organizacional a modo de red.

Figura 1

Organigrama Funcional



Fuente: Elaboración propia

Para alcanzar este nuevo enfoque se propone tomar el organigrama como un objeto tridimensional al cual se le observe desde una perspectiva superior en lugar de observarse desde una perspectiva frontal. Desde esta nueva vista, se deja de mostrar las relaciones verticales para mostrar las relaciones de comunicación e interacción entre cada puesto. Las relaciones entre puestos no deben enlazarse arbitrariamente, sino entre aquellos puestos donde existe un intercambio real de recursos materiales, financieros o el recurso más importante de esta era: la información. Por ello las conexiones deben dibujarse en base a las conexiones que existen en los Diagramas de Proceso de la Empresa. Los Diagramas de Proceso muestran las relaciones de intercambio de información correspondiente a cada función de la Empresa. En resumen, el Diagrama de Red de la organización se alimenta de dos diagramas: el organigrama para dibujar los nodos de la red (puestos de la Empresa) y los Diagramas de Proceso para dibujar las aristas que unen los nodos según cada enlace que existe en el proceso. Finalmente, es necesario recalcar que los enlaces entre nodos no son canales de comunicación. De ser así todos los puestos de la Empresa estarían conectados entre sí ya que cualquier persona puede comunicarse verbalmente o a través de correo con cualquier otro empleado de la Empresa. Los vínculos de intercambio de información solo deben mostrar aquellos flujos de información que se dan continuamente como parte del proceso de producción de bienes o servicios de la Empresa y no producto de una interacción casual o esporádica. Por ello los vínculos de interacción deben ser tomados de los Diagramas de Proceso de la Empresa y deben aparecer explícitamente en él.

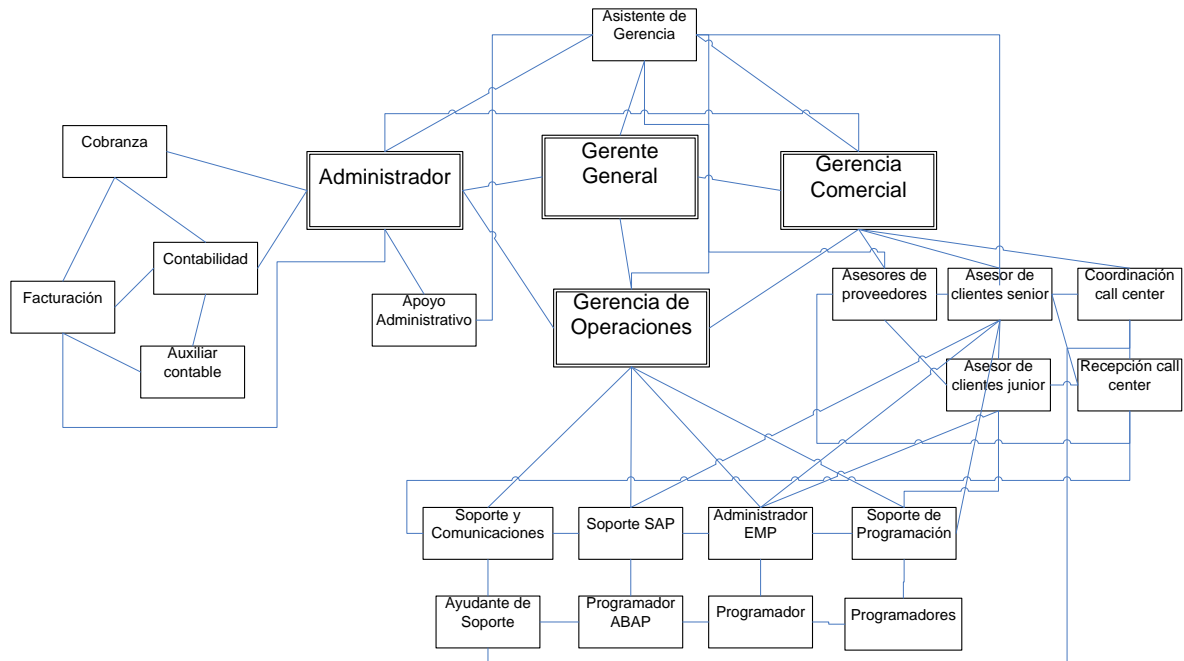
Las aristas de la red deben dibujarse en base a todos los Diagramas de Proceso de la Empresa a fin de identificar cada uno de los vínculos de interacción establecidos en los

procesos que existen entre cada uno de los puestos de la organización, teniendo el resultado final un diseño similar al mostrado en la Figura 2.

La ventaja de enfocar el organigrama desde una vista horizontal es que permite analizar a la Empresa como una red compleja y por lo tanto, ver el grado de conectividad entre sus elementos, el nivel de integración entre áreas, la formación de islas o de personas que centralizan la información. Según Aldana (2011) las redes complejas son conjuntos de muchos nodos conectados que interactúan de alguna forma. Los nodos de una red, también llamados vértices o elementos, se les representa por los símbolos v_1, v_2, \dots, v_n , siendo n el número total de nodos en la red. Si un nodo v_i está conectado con un nodo v_j , esta conexión se representa por el par ordenado (v_i, v_j) . Esta conexión es conocida como una “arista” dentro de la red. Una red compleja R consiste en un conjunto de nodos $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ y un conjunto de parejas ordenadas $E = \{(v_i, v_j)\}$ que pertenece a $V \times V$. Para el caso de las organización, estas están compuestas por redes no dirigidas, ya que para cada pareja (v_i, v_j) que pertenece a E también existe la pareja (v_j, v_i) correspondiente. Finalmente, el número k_i de vecinos del nodo v_i (el número de conexiones de v_i) es llamado la conectividad de v_i y el promedio de estas conectividades en todos los nodos es llamada la conectividad de la red.

Figura 2

Diagrama de Red de la Organización



Fuente: Elaboración propia

Identificando los Nodos Estratégicos y los Cuellos de Botella de la Organización:

Al esquematizar a la organización como una red, lo primero que se puede observar es que dentro de la red, no todos los nodos están necesariamente conectados, por lo que no todos los nodos tienen el mismo número de enlaces dentro de la red. Esto implica que no todos los nodos tienen igual importancia, centralidad y carga laboral. Aquellos nodos que presenten un mayor número de conexiones son “nodos estratégicos”, tienen acceso a mayor información, son más difíciles de reemplazar y por lo tanto es muy probable que tengan mayor poder dentro de la organización, aunque no necesariamente ocupen un cargo muy elevado en la jerarquía de la Empresa.

Para medir la centralidad de un nodo, da F. Costa, Rodrigues, Travieso y Villas Boas (2008) proponen la fórmula:

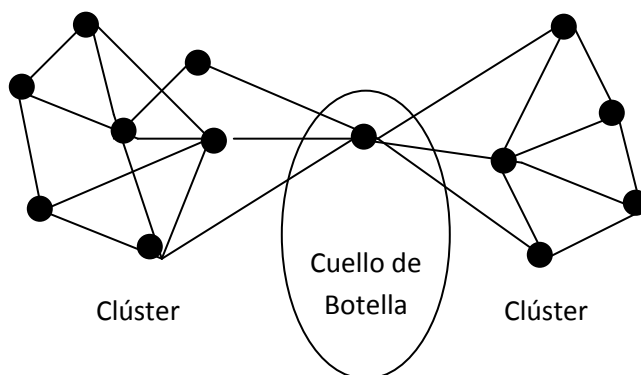
$$B_u = \sum_{ij} \frac{\sigma(i, u, j)}{\sigma(i, j)},$$

donde $\sigma(i, u, j)$ es el número de caminos más cortos entre los vértices i y j que pasan a través del vértice u . $\sigma(i, j)$ es el total de caminos más cortos entre i y j . La suma incluye todos los pares i, j de todos los vértices.

Si el nivel de conectividad de la Empresa es bajo, los nodos estratégicos pueden convertirse en cuellos de botella. Un cuello de botella sería un nodo que conecta dos cúmulos de nodos o clústers como muestra la Figura 3. Una organización con presencia de cuellos de botella presenta un exceso de carga laboral en dichos nodos y poca fluidez en la información.

Figura 3

Ejemplo de Cuello de Botella



Fuente: Elaboración propia

Para evitar la presencia de estos cuellos de botella se debe incrementar la conectividad de la red. La conectividad de la red, como se explicó en el marco teórico, indica el promedio del número de conexiones de cada nodo en la red y por lo tanto el grado de integración de toda la organización. Puede ser definida a través de un índice de conectividad que relaciona el número de nodos con el número de enlaces o aristas entre ellos de la siguiente forma:

Índice de conectividad de la red = suma de enlaces / suma de nodos

Este índice puede ser engañoso, ya que no todos los enlaces generados tienen la misma calidad. Price propuso en el año 1976 el modelo de vinculación preferencial. Basándose en el número de citas de un artículo científico dedujo que la probabilidad con que un artículo es citado es directamente proporcional a la cantidad de citas que ya tiene. La vinculación preferencial indica que los nodos con gran cantidad de conexiones preferirán conectarse con otros nodos que tengan gran número de conexiones. De esta manera se generan enlaces de mayor calidad en la red.

La vinculación preferente es cuantificada a través del coeficiente de preferencia, que es definido por Newman (2003) como:

$$Q = \frac{\sum_i P(i|i) - 1}{N - 1}.$$

Donde $P(j|i)$ es la probabilidad condicional que mi vecino es de tipo j siendo que yo soy de tipo i , y está dado por:

$$P(j|i) = e_{ij} / \sum_j e_{ij}.$$

Además del grado de centralidad que presenta un nodo, puede medirse el nivel de clusterización de la Empresa. Esto se mide a través del coeficiente de agregación que es definido como la probabilidad de que dos nodos conectados a un tercer nodo estén a su vez conectados entre sí. Esta probabilidad puede ser medida a través de la transitividad de la red, que es definida por Newman (2003) como la presencia de un mayor número de triángulos en la red, siendo el triángulo el conjunto de tres vértices donde cada uno de los cuáles está conectado a cada uno de los demás. Asimismo da F. Costa, Rodrigues, Travieso y Villas Boas (2008) presentan la fórmula:

$$C = \frac{3N_{\Delta}}{N_3},$$

Donde N_{Δ} es el número de triángulos en la red y N_3 es el número de triples conectados. Un triángulo es un conjunto de tres vértices con aristas entre cada par de vértices.

Si k_i es el número de vecinos del vértice i , entonces $N_3(i) = k_i (k_i - 1) / 2$. Además $N_{\Delta}(i)$ cuenta el número de aristas entre vecinos de i y se representan el número de aristas entre vecinos de i como L_i , entonces la ecuación puede ser reescrita como:

$$C_i = \frac{2l_i}{k_i(k_i - 1)}.$$

Finalmente, ver a la organización como una red también ayuda a medir su nivel de burocracia. En una red compleja, la burocracia quedaría definida por la longitud entre

nodos y la longitud de la red. La longitud mínima entre dos nodos es el número mínimo de aristas que existen entre dos nodos de la red. Mientras más aristas existan entre dos nodos, más etapas debe recorrer la información para llegar de un nodo a otro, por lo tanto mayor burocracia en dicho proceso así como mayor lentitud de respuesta.

El promedio de longitudes mínimas entre todas las parejas de nodos de la red es conocido como la longitud promedio de la red y es definido por Newman (2003) con la fórmula:

$$\ell = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n+1)} \sum_{i \geq j} d_{ij},$$

Donde d_{ij} es la distancia del vértice i al vértice j , para una red de n vértices y m aristas.

Resultados: Ventajas de una Red Conectada:

La ventajas que ofrece una red con mayor grado de conectividad son:

- Mayor robustez de la red: La robustez estructural de la red es definida por Aldana (2011) como la invarianza de los fenotipos ante la presencia de perturbaciones internas o externas al organismo. En este caso se mediría la capacidad de la red empresarial a readaptarse luego que uno de los nodos (puesto de trabajo) quede inhabilitado ya sea temporalmente o indefinidamente. Un análisis útil para el departamento de Recursos Humanos que anticiparse a la renuncia, ausentismo o rediseño de puestos de trabajo. Rodrigues, da F. Costa, Travieso y Villas Boas (2008) proponen un método para determinar la vulnerabilidad de una red buscando sus vértices más vulnerables. La vulnerabilidad de un vértice se puede definir con respecto a la caída en desempeño de la

red cuando dicho vértice, con todas sus aristas, son retirados. La vulnerabilidad de la red sería equivalente a la de su vértice más vulnerable.

Reka, Hawoong y Albert-Laszlo (2000) proponen paralelamente medir la variación de la distancia más corta entre nudos al retirar el vértice más vulnerable. El análisis de perturbaciones consiste en medir los cambios en la red ante la inutilización de sus distintos vértices y ayuda a determinar la robustez de la red ante perturbaciones externas.

- Menor longitud promedio y mayor comunicabilidad de la red: La longitud mínima entre dos nodos fue definida como el número mínimo de aristas que se debe pasar para llegar de un nodo a otro de la red. La longitud promedio de la red es el promedio de longitudes mínimas entre todas las posibles parejas de nodos de la red. Una mayor conectividad de la red ofrece mayor número de longitudes mínimas dentro de la red y por lo tanto reduce la longitud promedio de la red. Esto se traduce como una mayor horizontalidad en la organización, menor burocracia en la comunicación y mayor cercanía entre el ápice estratégico con el resto de la Empresa.

Estrada y Hatano (2008) proponen analizar la “comunicabilidad” entre dos vértices no solamente a través del camino más corto entre dicho par de vértices, sino adicionándole además todos los posibles caminos que unen a dichos vértices. La justificación a esto radica en que la comunicación entre dos vértices no siempre toma el camino más corto entre ellos. Si P_{pq} es el número de caminos más cortos entre los nodos p y q , teniendo una longitud s y W_{pq} es el número de caminos que conectan p y q con una longitud mayor a s , la comunicabilidad entre los nodos queda definida como:

$$G_{pq} = \frac{1}{s!} P_{pq} + \sum_{k>s} \frac{1}{k!} W_{pq}^{(k)}.$$

- Generación de información y Entropía: Rosvall, Trusina, Minhagen y Sneppen (2005) plantearon que la estructura de una red compleja está relacionada a su confiabilidad y la velocidad de propagación de información, definiendo la entropía de la red como el grado de dificultad en buscar información en la red. Además propusieron la siguiente fórmula para cuantificar la información asociada a localizar un objetivo específico en la red. Siendo $p(i, b)$ el camino más corto desde el vértice i hasta el vértice b , la probabilidad para seguir este camino en una elección al azar queda definida por:

$$\mathcal{P}[p(i, b)] = \frac{1}{k_i} \prod_{j \in p(i, b)} \frac{1}{k_j - 1},$$

Donde k_j es el grado del vértice j y el producto incluye todos los vértices j en el camino $p(i, b)$ excluyendo i y b mismos. La cantidad de información usada en la búsqueda para encontrar el camino más corto entre i y b esta dada por:

$$\mathcal{S}(i, b) = -\log_2 \sum_{\{p(i, b)\}} \mathcal{P}[p(i, b)],$$

Donde la suma es tomada de todos los caminos más cortos $p(i, b)$ desde i hasta b .

Para medir la dificultad en localizar un vértice en la red empezando desde un vértice i , Rosvall propone la fórmula:

$$\mathcal{A}_i = \frac{1}{N} \sum_b \mathcal{S}(i, b),$$

Que mide el número de preguntas promedio necesarias para localizar otro vértice empezando desde i . Asimismo, para cuantificar la dificultad de encontrar el vértice b empezando desde cualquier otro vértice en la red se usa la fórmula:

$$\mathcal{H}_b = \frac{1}{N} \sum_i S(i, b).$$

La entropía de la red también puede ser utilizada como un indicador de burocracia en la organización.

- Mayor grado de evolución de la red: El tamaño de la red no termina con los vértices límite de la organización, ya que estos están conectados con clientes que a la vez se encuentran conectados con otras personas clientes o no clientes. Esto significa que la red se expande, no solo internamente a través de la incorporación de nuevos puestos de trabajo, sino también externamente. Por ello, el crecimiento de la red se estudiará como parte del crecimiento del mercado.

Bibliografía:

Albert, R., Jeong, H., & Barabási, A. L. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406(6794), 378-382.

Aldana, M. (2006). Redes Complejas. *Recuperado a partir de <http://www.fis.unam.mx/~max/English/notasredes.pdf>*.

Bertelsen, S., & Koskela, L. (2003, July). Avoiding and managing chaos in projects. In *proceedings of IGLC* (Vol. 11).

Contreras Torres, F., Barbosa Ramirez, D., & Castro Rios, G. A. (2012). La organización como sistema complejo: implicaciones para la conceptualización del liderazgo. *Criterio libre*, 10(16), 193-206.

Costa, L. D. F., Rodrigues, F. A., Travieso, G., & Villas Boas, P. R. (2007). Characterization of complex networks: A survey of measurements. *Advances in Physics*, 56(1), 167-242.

Cruz, N. A. G., & Maldonado, C. E. (2011). Sistemas Bio-inspirados: Un Marco Teórico para la Ingeniería de Sistemas Complejos. *Bogotá: Universidad del Rosario*.

Dolan, S. L., García, S., Diegoli, S., & Auerbach, A. (2000). Organisational Values as 'Attractors of Chaos': An Emerging Cultural Change to Manage Organisational Complexity.

Estrada, E., & Hatano, N. (2008). Communicability in complex networks. *Physical Review E*, 77(3), 036111.

Feliz-Teixeira, J. M., & Brito, A. E. C. (2009). Holistic Metrics, a Trial on Interpreting Complex Systems. In *Complex Systems and Self-organization Modelling* (pp. 21-28). Springer Berlin Heidelberg.

Lloyd, S. (2001). Measures of complexity: a nonexhaustive list. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(4), 7-8.

Maldonado, C. E. (2009). Ingeniería de sistemas complejos. Panorama y oportunidades. *Conferencias de la tercera asamblea de la red cartagenera de ingeniería. El*

futuro de la educación en inenería y en gestión de la ingeniería, Cartagena, Colombia.

Newman, M. E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167-256.

Zeballos, J. A., Rodríguez, M. R., De Marco, M., & del Carril, J. (2007). Sistemas y caos en las organizaciones.